银川科技学院毕业综合训练

原创性声明

本人呈交的毕业综合训练，是在指导教师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果，所有数据、图片资料真实可靠。尽我所知，除文中已
经注明引用的内容外，本毕业综合训练的研究成果不包含他人享有著作权的内容。对本毕业综合训练所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确的方式标明。本毕业综合训练的知识产权归属于培养单位。

本人签名： 日期：

银川科技学院毕业综合训练

摘 要

3D打印技术在食品机械方面的应用正慢慢扩展，给豆干机的设计与制造带来新的可能，本文凭借3D打印技术，探寻一体化豆干机的
更新方案，力求改进生产速率，削减成本，改良豆干品质，此设计包含智能化模具，三连磨浆机系统，自动化挤压成型系统，精确切块系统，精确温控烘干装置等重要部分，通过改良结构，挑选材料，使得设备更稳固，更符合实际需要，3D打印技术可以缩减设备制造时间，而且在复杂零部件的定制生产上有着特别之处，这种技术的应用推动了食品机械的智能化进程，也给豆干产业的升级供应了新的技术途径。

关键词：3D打印技术；一体化豆干机；模块化设计；自动化控制；食品级材料

ABSTRACT

The application of 3D printing technology in the food machinery field is gradually expanding, providing new possibilities for the design and manufacturing of tofu drying machines. This paper explores innovative design solutions for an integrated tofu drying machine based on 3D printing technology, aiming to enhance production efficiency, reduce costs, and improve product quality. The design incorporates key components including intelligent mold systems, a triple grinder system, automated compression molding systems, precision cutting systems, and precision temperature-controlled drying devices. Through optimized structural design and material selection, the equipment demonstrates enhanced stability and adaptability. 3D printing technology not only shortens manufacturing cycles but also demonstrates unique advantages in customized production of complex components. This technological advancement not only drives the intelligent development of food machinery but also offers a new technical pathway for upgrading the tofu product industry.

Key Words: 3D printing technology;integrated tofu machine; modular design;automated control;food-grade materia

目 录

1 绪论......1
1.1 研究背景......1
1.1.1 行业背景......1
1.1.2 技术背景......1
1.1.3 研究背景......1
1.2 研究目的和意义......1
1.2.1 研究目的......2
1.2.2 研究意义......2
1.3 研究内容及方法......2
1.3.1 研究内容......2
1.3.2 研究方法......3
1.4 国内外研究现状......3
1.4.1 国内研究现状......3
1.4.2 国外研究现状......4
1.4.3 国内外研究现状对比......4
1.5 本章小结......5
2 一体化豆干机选型......6
2.1 设备选型......6
2.12 电动机的选型......6
2.1.2 气动隔膜泵的选型......7
2.1.3 气缸的选型......8
2.1.4 减速机的选型......9
2.1.5 材料的选择......10
2.2 一体化豆干机功能特点......11
2.3 本章小节......11
3 3D 打印技术概念......12
3.1 3D 打印技术优势和技术原理......12
3.1.1 3D 打印技术优势......12
3.1.2 3D 打印技术原理......12
3.2 3D 打印技术在一体化豆干机设计中的应用......13
3.3 本章小结......14
4 一体化豆干机的设计方案......15
4.1 整体设计思路......15
4.2 三连磨浆机设计......15
4.3 压制成型机设计......17

4.4 泼脑机设计……18
4.5 切块机机构设计……19
4.6 烘干机设计……20
4.7 本章小节……21

5 一体化豆干机建模设计……22

5.1 建模软件……22
5.2 三连磨浆机建模……22
5.3 切块机建模……25
5.3 烘干机建模……27
5.4 串碱机建模……29
5.5 本章小结……31

6 一体化豆干机工作原理及创新……32

6.1 一体化豆干机原理……32
6.2 一体化豆干机创新点……33
6.3 本章小结……33

结　论……34

参考文献……35

致　谢……37

1 绪论

1.1 研究背景

1.1.1 行业背景

豆干市场需求增长：豆干属于传统食品，由于具有高蛋白，低脂肪，营养丰富等特点，所以很受消费者的喜爱，随着健康饮食观念
的流行，豆干的市场需求一直保持增长态势，这促使豆干生产行业发展迅速，传统生产方式存在的问题：传统豆干生产大多依靠手工或者半自动化的设备，存在生产效率低，产品质量不稳，劳动强度大的状况，不能适应大规模，高质量的生产需求，食品机械行业对技术升级的需求：食品机械行业朝着自动化，智能化，绿色化方向发展，传统设备急需技术升级，以此来提升生产效率，削减能耗，减轻污染。

1.1.2 技术背景

3D打印技术的快速发展：3D打印技术近年来在制造业领域快速发展，具有快速成型、复杂结构制造、材料利用率高等优势，已在航空航天、医疗、汽车等领域得到广泛应用。3D打印在食品机械领域的潜力：3D打印技术为食品机械的设计与制造提供了新的可能性，能够实现复杂结构部件的快速制造，优化设备性能，降低生产成本，推动行业技术升级。一体化设备设计趋势：一体化设备通过整合多个生产工序，减少人工干预和工序衔接时间，显著提高生产效率和产品质量，已成为食品机械设计的重要方向。

1.1.3 研究背景

豆干生产设备存在技术瓶颈：当下的豆干生产设备大多属于单功能设备，各道工序间的连接不够高效，很难做到全程自动化，而且设备构造繁杂，生产成本很高，急需革新设计方案，3D打印技术的应用探寻：把3D打印技术运用到豆干机的设计当中，可以迅速塑造出具有复杂结构的零件，改良设备的功能融合情况，缩减生产成本，给豆干生产设备的技术更新带来新的想法。政策与市场促使：国家政策支持食品机械行业朝着智能化，绿色化方向发展，市场需求促使豆干生产设备做出技术革新，这就给依托3D打印技术展开一体化豆干机设计研究创造了优良的外在条件。

1.2 研究目的和意义

1.2.1 研究目的

一体化豆干机把传统豆干制作的多道工序整合到多台设备上，做到磨浆，煮浆，压制成型的全流程自动化，轻量化和模块化改良了设
备结构，缩减了体积和重量，可以执行个性化定制设计，更换模具，支持不同形状，纹理的豆干制作，符合消费者对多种产品的需求，改进食品安全和卫生状况，用食品级材料和表面处理技术，保证设备符合食品加工卫生标准，削减能耗和成本，依靠智能温控系统和轻量化设计，改良设备能耗，削减制造成本。

1.2.2 研究意义

银川科技学院毕业综合训练

创新设计与制造模式：基于3D打印技术的一体化豆干机突破了传统豆干机的设计制造方式，采用集成式设计、一体成型制造，
这有利于促进食品加工设备行业技术进步，为其他类似设备的研发提供新思路、新方法。

提升生产效率与产品质量：一体化设计缩减了零部件数目以及组装步骤，进而减小设备出现故障的几率，使得设备更为稳定可靠，进而提升了豆干的生产效率，而且，3D打印可以精准掌控产品的尺寸和形状，保障豆干产品具备一致性，品质稳定，符合大规模生产以及标准化生产的要求。

降低成本:一方面3D打印的一体化制造过程可以减少模具制作，零部件加工，零部件组装等多个环节，缩短生产时间，降低生产
成本。另一方面在设备维护方面，因为零部件减少，维护难度和维护成本也会降低。

推动个性化定制生产:能按照不一样顾客的需要，迅速规划并制作出带有特别功能或者个性化外观的豆干机，而且在豆干产品生产环
节上，还可依照市场需求来生产一些定制化的豆干产品，满足消费者对于个性化食品的需要，提升公司在市场里的竞争能力。

1.3 研究内容及方法

1.3.1 研究内容

设备功能需求分析：研究豆干生产中的关键工序（例如磨浆，煮浆，成型，压榨等），从而清楚一体化豆干机的功能需求，剖析当前设备存在的短缺之处，给出改良方案，确立设备的设计目的，3D打印材料选取及性能探究：探寻合适于食品机械的3D打印材料，评定其机械性能，耐热性，耐腐蚀性等指标，选出适合豆干机重要部件的材料，保证设备具有良好的耐久性与安全性，设备构造设计与改良：借助3D打印技术来设计一体化豆干机的关键部件，改良设备的构造，做到轻量化，模块化，削减工序衔接所需的时间，提升生产效率，定制化模具研发：采用3D打印技术迅速制作出可定制化的模具，以应对不同种类豆干产品的生产需求，节能环保设计：通过3D打印对设备构造实施改良，缩减能源和材料的损耗，减小碳排放量。

1.3.2 研究方法

（1）文献研究: 收集国内国外有关一体化豆干机的学术论文,行业报告,技术资料等,了解一体化豆干机的工作原理,技术参数,市场情况,发展趋势等情况,为研究工作奠定理论基础。

（2）市场调研：问卷调查，制作问卷，根据消费者对于一体化豆干机的需求，喜好，购买意向等进行问卷调查，了解消费者对于
一体化豆干机的看法，使用感受以及市场需求，观察，观察市面上各种不同品牌不同类型的一体化豆干机，分析它们的外形，功能，操作方式等特点，也可以观察消费者在使用时的行为及表现。

（3）模型构建：建立模型，根据研究目的及有关理论，建立一体化豆干机的三维模型，通过模拟实验来验证模型是否有效，对产
品进行优化。

（4）案例研究：实际案例，挑选具有代表性的豆干机产品开展案例研究，从设计思路，技术特性，市场定位，用户反馈等角度出
发，提炼出成功的经验与存在的不足之处，案例对比，把不同的案例放在一起比较，找出它们之间的差别以及共性之处，通过案例研究可以更清楚地知晓一体化豆干机的实际运用情形，从而给予研究以借鉴。

1.4 国内外研究现状

2

1.4.1 国内研究现状

中国对于 3D 打印技术的研究较国外起步较晚，但随着 3D 打印技术在国外各领域的应用中所展现的巨大潜力，迅速引起了国内大批科研工作者、工业领域专家的重点关注，并使得中国的 3D 打印技术得到了迅猛发展，取得了大批研究成果。例如华中科技大学历经十多年研制出全球最大的“3D 打印机”，其可加工零件长宽最大尺寸均达到 1.2 米。从理论上说，只要长宽尺寸小于 1.2 米的零件，都可通过这部机器“打印”出来[Error: Reference source not found]；西安交通大学自主研发了三维打印机喷头，并在光固化成型系统、成型材料等方面也取得了突破性进展，使其成型精度达到了 0.2mm[Error: Reference source not found]。但就整体发展而言，与国外相比，国内的 3D 打印技术还有很多不足之处，主要体现在以下几方面：第一，材料科学。目前，国内用于 3D 打印的产品大多属于塑料制品的范畴内，而国内对于粉末状金属及液体状等原料的核心制造技术还未完全掌握；第二，精密机械及信息技术。现阶段，中国 3D 打印设备的核心零部件（如激光扫描仪）由于国内工业设计能力有限，自动化控制系统水平较低，使得自主研发的打印机在工艺稳定性以及打印精度等方面与国外存在较大差距，仍需进一步努力[15]。

1.4.2 国外研究现状

目前，国外 3D 打印技术已经得到了广泛的应用，主要涵盖航空航天、汽车制造、医疗、工业产品设计、建筑设计、文娱产品、生物科技等各个产业领域，且在各类产品的智能制造方面占有较高的比重。自 1986 年 Charles Hull 发明第一台 3D 打印机以来，近年来，国外关于 3D 打印技术的研究与开发取得了较大成果。2000 年，美国 Z corp 公司与日本 Rilcen Institute 联合研制出一种以喷墨打印技术为原理的彩色三维打印机；同年年底，以色列 Object Geometries 公司推出了基于结合光固化工艺和 3D Ink--Jet 的三维打印机 Quadra[1]；2010 年美国 Organoxo 公司和澳大利亚 Invetech 公司合作，试以活体细胞为“原材料”打印人体的组织器官，是 3D 打印技术在医疗产品领域的重大突破性进展。现如今，欧美等国家的 3D 打印技术已经在消费电子领域、汽车制造业、航空业、医疗领域等领域初步形成成功的商业模式。据统计，2012 年美国生产的 70 多万件 3D 产品中，电子领域、汽车制造业、医疗领域和工业机械行业的产品比重较大[17]。此外，3D 打印技术在个性产品定制领域的应用也逐渐得到了广泛的运用。如国外有很多创意产品公司（例如美国的 Quirky 公司）会通过网络平台征集客户的设计方案，并利用 3D 打印技术制成实体产品进行销售，取得了较好的收益。

1.4.3 国内外研究现状对比

表 **1.1** 国内外研究现状对比

国内外研究现状对比		
方面	国外研究	国内研究
研究起步时间	较早	较晚
理论体系	较为完善	正在完善
方法体系	较为成熟	正在发展
研究内容	较为全面	逐渐深入
研究视角	多元化	本土化

1.5 本章小结

本章通过对豆干生产设备和 3D 打印技术的背景进行介绍明了基于 3D 打印技术一体化豆干机的现况，并通过文献资料的搜集知晓国内外的研究现状。计划一体化豆干机的设计的目的和意义进行设备的设计准备工作。在日新月异的市场中，基于 3D 打印技术一体化豆干机的设计理念和优势更为重要，其工作效率高，既节约了人工成本，又减少了资源浪费，有着很好的发展前景。通过研究方法的选择，可以更好地完成设计。

银川科技学院毕业综合训练

2 一体化豆干机选型

2.1 设备选型

2.12 电动机的选型

在设计一体化豆干机的时候，选出恰当的动力源泉来推动电机，这是非常重要的事情，在挑选合适的电机时，得全面考虑输出的动力、扭力的性质、转速的范围、体积的大小这些主要指标，YE2 - 90L4这种电机，功率为1.5kW，用来带动搅拌，压制，输送等功能，选这种电机的时候，主要是因为：

（1）节能高效：YE2系列是高效率的三相异步电动机，可有效地降低能耗，节约用电，满足节能高效的要求。

（2）性能稳定可靠：在设计与制作时按照严格的标准执行，所选材料优质，工艺技术先进，具备较高的可靠度及稳定性，可有效
减小出现故障的几率并降低维护费用。

（3）运行平稳：在运行过程中产生的振动比较小，发出的声音不大，能让人感到更舒服的工作环境，不会给周围带来太多麻烦。

（4）适配性好：YE2-90L4电机功率、转速、安装尺寸等参数设计合适，通用性较好，可以适配许多机械设备。

图2.1 YE2-90L4三相电机
YE2-90L4三相电机详细数值如表2.1 所示。
表 2.1 YE2 - 90L4三相电机规格表

4

名称: YE2 - 90L4 三相电机

YS9024/YE2-90L4 三相电机具有高效、节能、起动转矩大、噪声低、震动小、可靠性高、使用维护方便等特点。

产品型号	YE2-90L4	极数	4 极	接线方式	Y 接法
电机主要参数	额定功率:	1.5KW			
	额定电压:	380V			
	额定功率:	50Hz			
	额定转速:	1400r/min			
	防护等级:	IP44			
	绝缘等级:	B 级			
	冷却方式:	自然冷却			
	工作方式:	S1(连续工作制)			
	基座中心高:	90mm			
	环境温度:	-15℃~40℃			

在设计一体化豆干机时，挑选合适的电机是关键步骤。通过考虑功率输出、扭矩特性、转速范围、尺寸等因素，通过选择适合的电机，以实现优良性能和稳定运行。

2.1.2 气动隔膜泵的选型

气动隔膜泵 QBY15-40，如图 2.2，以压缩空气为动力源，通过膜片往复来输送液体的泵，能够安全地输送豆浆，能最大程度保持物料的原有性质。挑选这类气动隔膜泵在于:

安装与维护便捷：其构造简单，易损件较少，使其安装和维修都十分方便。在设备出现故障时，能够快速进行检查维护，降低维修成本。

流量与扬程可调节：可以通过气源压力来调节扬程和流量，能随背压（出口阻力）的变化而主动调节流量，以适应不同的工作需求。

运行安全：采用空气作为动力，可在易燃、易爆等恶劣危险的环境下工作；可以空转，也可以干吸，不会造成损坏。

图 2.2QBY15-40 气动隔膜泵

QBY15-40 气动隔膜泵详细数值如表 2.2 所示。

表 2.2 气动隔膜泵 QBY15-40 主要参数

产品型号	进出口径	流量	吸程	扬程	压力	温度范围	缸径	工作介质
单位	mm	m^3/h	m	m	MPa	℃	mm	
QBY15-40	40	8	7	50	0.1-0.7	-15-150	150	空气

2.1.3 气缸的选型

在设计一体化豆干机的过程中，实现直线往复运动，提供动力输出与精准定位与控制的气缸尤为重要。气缸型号SC200×800 行程 800 mm 缸径 200 mm，用于压制成型等需要直线运动的环节。

该气缸可以实现直线往复运动作为将压缩空气的压力能转化为机械能的执行元件，能按照控制要求在机器中驱动部件做精确的直线往复运动，通过活塞杆的伸缩，带动切割刀具进行直线往复运动，对物料进行切割操作，将物料按照要求切成特定的尺寸和形状。满足切块机的需求。

该气缸提供动力输出，可输出较大的压力和合适的位移，提供机器中所需要的动力驱动的工作部件，满足压制成型机压制豆干的需求。精准定位与控制：配合相应的控制元件和传感器，能实现对运动位置、速度、推力等参数的精准控制，保证机器工作的高精度和稳定性。

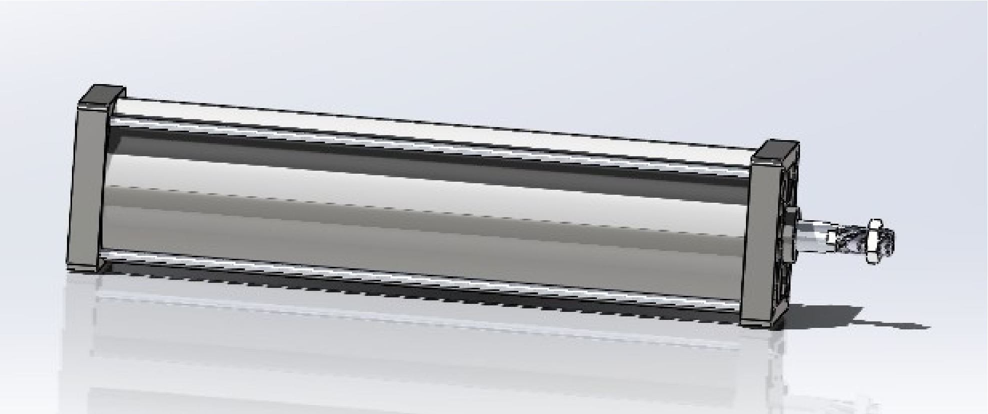


图 2.3SC150X700 气缸

SC200X800 气缸详细数值如表 2.2 所示。

表 2.3 气缸 SC200x800 主要参数

产品型号	缸径	行程	最大力距	工作压力	耐压力	温度范围	最大负荷	速度
单位	mm	mm	Nm	MPa	MPa	℃	N	mm/s
SC200x800	150	700	800	0.1-1	1.5	-20-80	800	50-600

2.1.4 减速机的选型

在设计一体化豆干机的过程中，如图 2.4，减速机有着降低转速、增大扭矩、增强设备稳定性、过载保护的作用。选择 RV50 减速机的理由如下：

结构紧凑安装简易：RV50 减速机机械结构紧凑、体积轻巧、小型高效，适合安装多种机器中。RV50 减速机安装简单、灵活轻捷，性能优良，方便维护检修，有助于降低机器的维护成本。

传动比大扭矩大：RV50 减速机传动比大，可以单级传动获得较大的传动比，满足机器对输出转速和扭矩的多样化需求。RV50 减速机扭矩大、承受过载能力高。

运行平稳：RV50减速机运行平稳、噪音小，持久耐用，有助于提高机器的运行效率和稳定性。

热交换性能好：RV50减速机散热快，有助于降低机器运行时的温度，延长设备使用寿命。

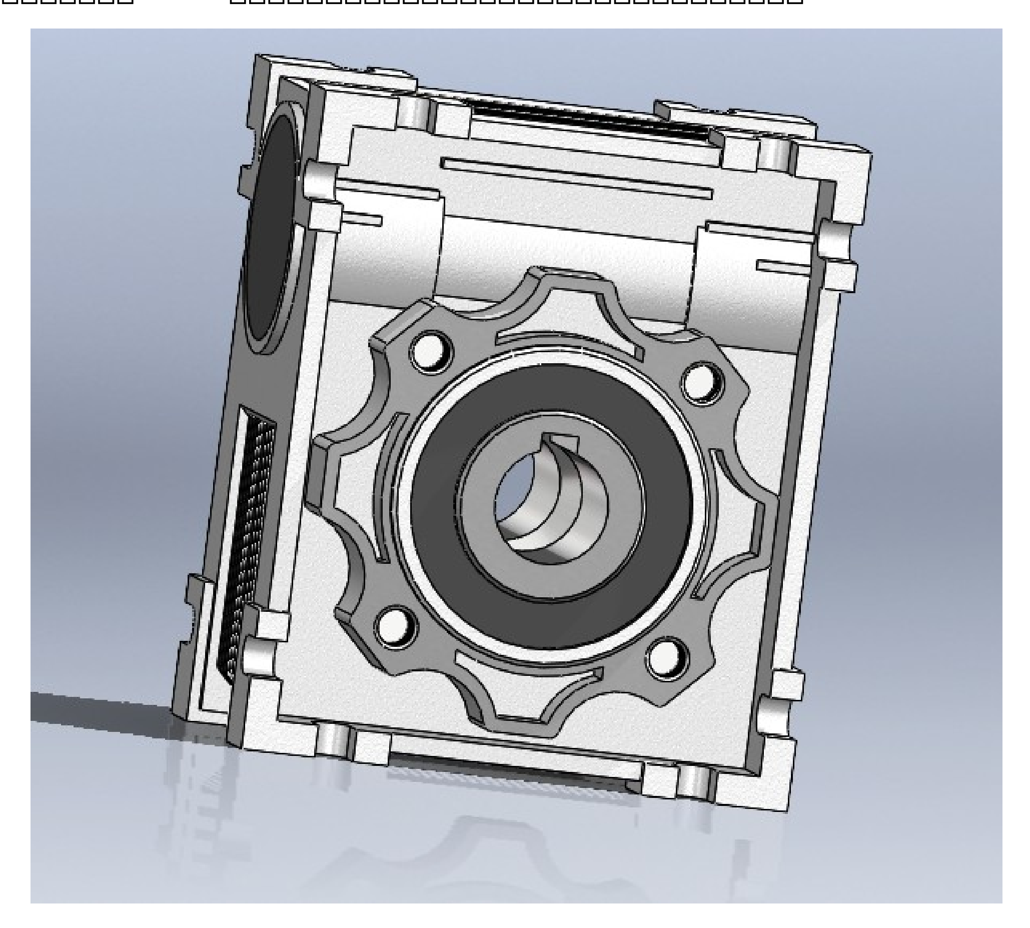


图2.4RV50减速机

2.1.5 材料的选择

主体结构316不锈钢（耐腐蚀、耐高温、易清洁，符合食品级卫生要求）。输送管道 316不锈钢方管，确保流体输送的卫生和耐用性。模具与切刀316不锈钢，表面抛光处理，防止粘连和污染。

2.2 一体化豆干机功能特点

浸泡桶：用于浸泡黄豆，保证豆干原料能充分吸水。三连磨浆机：通过 PLC 掌控电机正反方向旋转，电机带动磨盘高速运转，
从而把原料打磨成豆浆，煮浆锅：利用蒸汽发生器对豆浆实施高温煮制，去掉生味并增添豆干的韧性，点浆锅：向熟豆浆里添加碱水和卤水，促使熟豆浆凝结起来，泼脑机：借助管道用气动薄膜泵把点浆完毕的豆浆执行泼脑分层操作，压制成型机构：把煮好的豆浆挤压成豆干形状，运用气动压制，依靠 PLC 控制气缸来回运动达成豆干压制成型，切块机：用气缸带动刀具把压制好的豆干切分成许多小块状的豆干，烘干机构：把切块之后的豆干执行风干处理，串碱调味机构：针对已经烘干好的豆干执行串碱以及调味工作。

特点：从大豆原料一直到豆干成品全部过程都是机械化操作，涵盖浸泡，磨浆，分离，煮浆，点浆，压榨，切块以及包装等环节，从而提升了生产效率，食品级材质：用316不锈钢这种符合食品加工卫生标准的材质制造，模块化结构：各个功能模块能单独拆除并加

以维护，有益于设备更新与修理，一台机器多种用途：一体化豆干机不仅能够生产豆腐干，而且可以制作豆浆，卤水豆腐，豆皮等产品，这样就加强了设备的实用性，丰富了产品种类，进而提升了市场竞争力。

2.3 本章小节

本章对一体化豆干机进行机构部件的选型进行本体设计，材料的选择以及概述其功能特点，选择合适的部件进行组装。通过对一体化
豆干机的电动机、气缸、气动隔膜泵、减速机进行选择，完成了一体化豆干机的部件选择。

3 3D打印技术概念

3.1 3D 打印技术优势和技术原理

3.1.1 3D 打印技术优势

3D打印技术是一门涉及机械工程、电子工程、材料学、工业设计等学科的综合技术，是一种新型的加工制造方法

Error:

Reference source not found。3D打印在一体化豆干机设计中具有显著优势。可实现个性化定制，根据生产规模和工艺需求调整设备尺寸和功能模块。支持复杂结构制造，如优化管道磨浆系统、精确控制压力的压制成型机，提高加工性能。

缩短产品周期：在进行传统机械制造生产过程中，需要进行设计、生产、测试等多个环节，每个环节都需要进行定型，
而在 3D打印技术的支持下，其可以快速完成材料原型制造，其间无需进行烦琐的产品设计、生产以及测试环节，直接通过对原料的堆叠，打印成物理实体，验证物体的功 能性

[2]。此外，在对产品的开发过程中，通过3D打印技术对物体进行定型，能够发现3D模型
的潜在问题，并对问题进行快速改进，其间节省了时间与原材料成本。机械制造进入到快速迭代阶段，引入 3D打印技术能够助力工业制造更为快速地适应市场需求，满足产品开发需求。降低环境影响：采用传统工艺制造机械，过程中会不断对原材料进行消耗和加工。如果原材料加工未达到要求，会需要更多的原材料重新进行加工和生产，这期间会消耗大量的材料，造成严重的资源浪费

Error: Reference

source not found。如果应用3D打印技术，采用3D打印材料，通过对材料的逐层叠加直接构建物体，几乎不会出现严重的资源浪费，也不会对周边环境造成严重的影响。另外，3D打印技术使用的原材料多为可降解材料以及可再生材料，依靠自然环境就能够降解，环境污染较小。优化产业布局：3D打印技术在机械制造领域具有突出的优势，该项技术主要是利用计算机按照产品数据要求直接进行建模，并通过打印机直接将产品一次成型。期间无须人工动手参与就可完成制造任务，能够大幅提升产品的制造效率

Error: Reference source

not found。在产品进行实际制造过程中，机械制造行业应用 3D打印技术，能够改变原有的机械制造模式，完成更为高级的产品制造任务，提升产品制造效率。3D打印技术实现了制造过程的数字化和自动化，减少了人工操作和装配环节，提高了生产效率和产品质量稳定性 [6]。

3.1.2 3D 打印技术原理

“3D打印技术”为俗称，学术界给予的学术名称为增 材制造技术（AM），又称为快速原型技术（RPM）。3D打印 技术
的实质是借助于相关计算机软件，以数字化模型文件 为基础，选取粉末状金属、液体状或塑料等粘合材料，利用 特定的快速成型设备，通

过分层加工、叠加成型的方式制 作出真实的三维实体产品。目前，3D打印技术主要运用于 原型制造、模具制造及直接制造三大领域 Error: Reference source not found。3D打印技术打破了传统制造工艺的设计和加工限制，使得产品设计者能够自由地创造出结构复杂、个性化的产品

[10]。

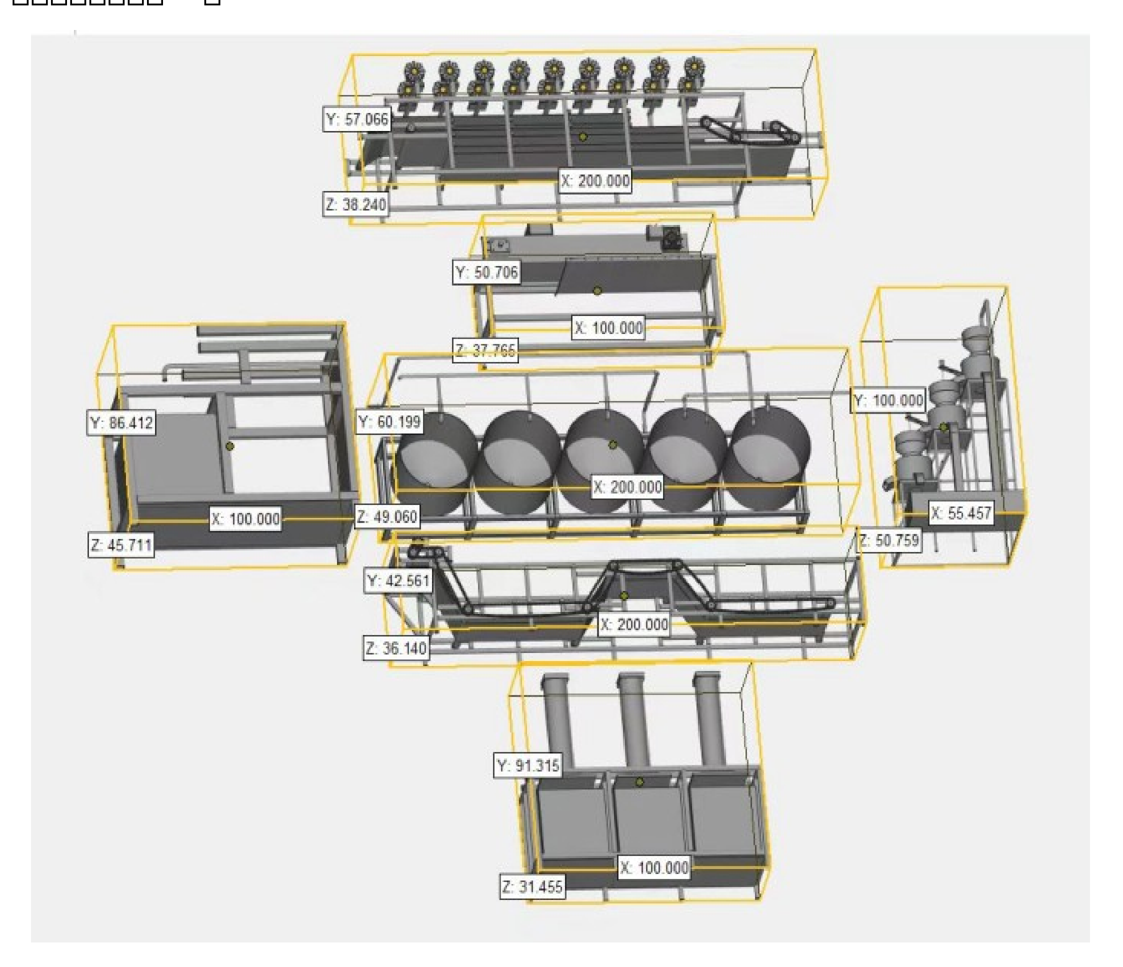
图 3.13D打印一体化豆干机

3.2 3D 打印技术在一体化豆干机设计中的应用

随着技术的不断进步和成本的逐步降低，3D打印技术将在机械制造领域发挥更重要的作用，为行业的转型升级和可持续发展贡献力量。采用3D打印技术提升复杂机械零件的几何形状设计水平和质量,突破传统加工工艺的限制,对于推动3D打印技术在机械制造领域的应用具有重要意义

[7]。3D打印技术，它让生产效率高了不少，产品质量也提升了。而且给一体化豆干机的设计带来了好多创新点。如今，我们能实现一些设计，这些设计要是放在传统制造工艺下，可能会太复杂或者成本太高。3D打印技术给新材料应用开了路。这些新材料，性能出色、功能多样，推动着整个食品行业进步。复杂结构实现：3D打印技术能够轻松实现传统制造工艺难以完成的复杂结构设计，如内部流道、异形部件等。在一体化豆干机设计中，这有助于优化设备内部布局，提高空间利用率和整体性能。根据市场需求和生产工艺特点，3D打印技术可以快速定制一体化豆干机的各个部件，满足不同客户的个性化需求。3D打印技术能够快速制作出一体化豆干机的原型，便于设计师进行功能验证和优化调整，从而缩短研发周期，提高生产效率。通过 3D打印技术，可以实现一体化豆干机的整体成型，减少零部件数量和组装环节，降低生产成本和故障率。3D打印技术支持多种材料的使用，如塑料、金属等，可以根据一体化豆干机的使用环境和性能要求选择合适的材料。尽管 3D打印技术在食品工业领城具有巨大潜力,但仍面临一些挑战，如打印成本、打印速度、材料性能和可靠性等。

10



3.3 本章小结

本章分别介绍了3D打印技术的原理优势以及3D打印技术在机械制造的应用，分析了3D打印技术相对较传统的制造技术具有的优势，说明了3D打印技术原理，具体在一体化豆干机设计中3D打印技术的应用。

4 一体化豆干机的设计方案

4.1 整体设计思路

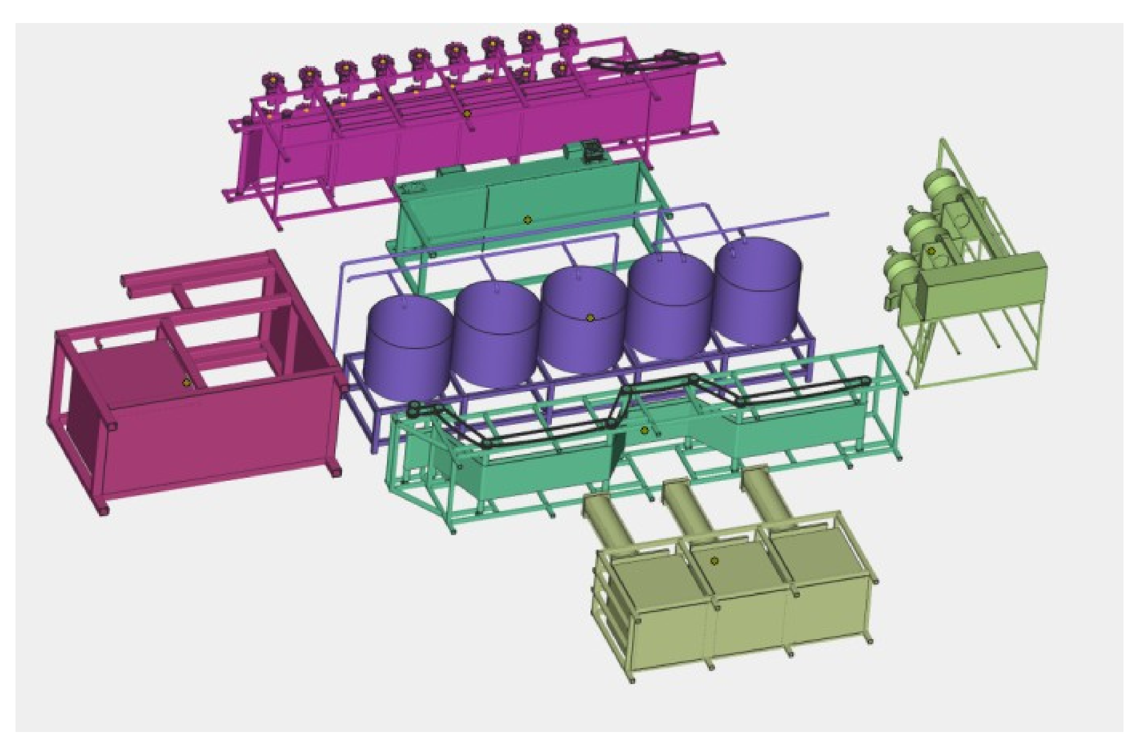
设计一体化豆干机时，根据一体化设计理念，将原料处理、磨浆、煮浆、成型、切块、烘干、串碱等全流程工序整合于一
体。自动化控制技术在机电制造系统中的应用对提高生产效率和精度发挥着至关重要的作用。在生产线上，应用自动化控制技术显著降低了人工操作的依赖，并大幅提升了生产线的灵活性与响应速度

[10]。通过合理模块化布局，如将浸泡桶、三连磨浆机、煮浆锅、泼脑机、压制
成型机、切块机、烘干机、串碱机器有序排列及组合，将原料加工成豆干成品，也可以模块化加工豆浆、豆皮、豆腐脑等豆制品。有序的排列保证了设备的紧凑性，有效节省空间，又充分考虑操作便利性，采用触摸屏操作界面，使操作员可以轻松完成各工序操作，提升生产效率。

图 4.1 一体化豆干机

4.2 三连磨浆机设计

机构的设计：三连磨浆机的进浆口呈漏斗状如图4.3，便于原料顺利流入，内部光滑无阻碍，可防止堵塞。磨浆室为封闭
圆柱结构，能有效容纳原料与磨盘的研磨。筛网安装在磨浆室与排浆口之间，密集的筛孔能精准过滤未充分磨碎的颗粒。排浆口位于筛网之



后，倾斜设计利于浆料排出。废料口在筛网下方，用于收集废渣。电机带动磨盘高速旋转，原料从进浆口进入磨浆室后，在离心力作用下被甩向高速旋转的磨盘边缘，磨盘表面的特殊纹理增加摩擦力，对原料进行粉碎、分散和溶解，经过研磨的浆料通过筛网进入排浆口，未充分磨碎的颗粒从废料口排出

Error: Reference source not found。

磨盘是磨浆机的核心部件，其设计需要考虑到耐磨性、耐腐蚀性以及旋转稳定性。磨盘选用碳化钨合金材质，硬度达 HRA85 - 90，直径 200mm，厚度 30mm，具备良好的耐磨性和旋转稳定性。筛网的设计需要考虑到孔径大小、分布和耐磨性。筛网孔径为 0.1mm，能有效保证浆料的细腻度。3D 打印可精准制造复杂的磨盘结构，优化磨盘表面纹理，增加研磨面积，提高研磨效率。同时，能保证磨盘尺寸精度，提升研磨质量，减少原料浪费。

图4.2三连磨浆机

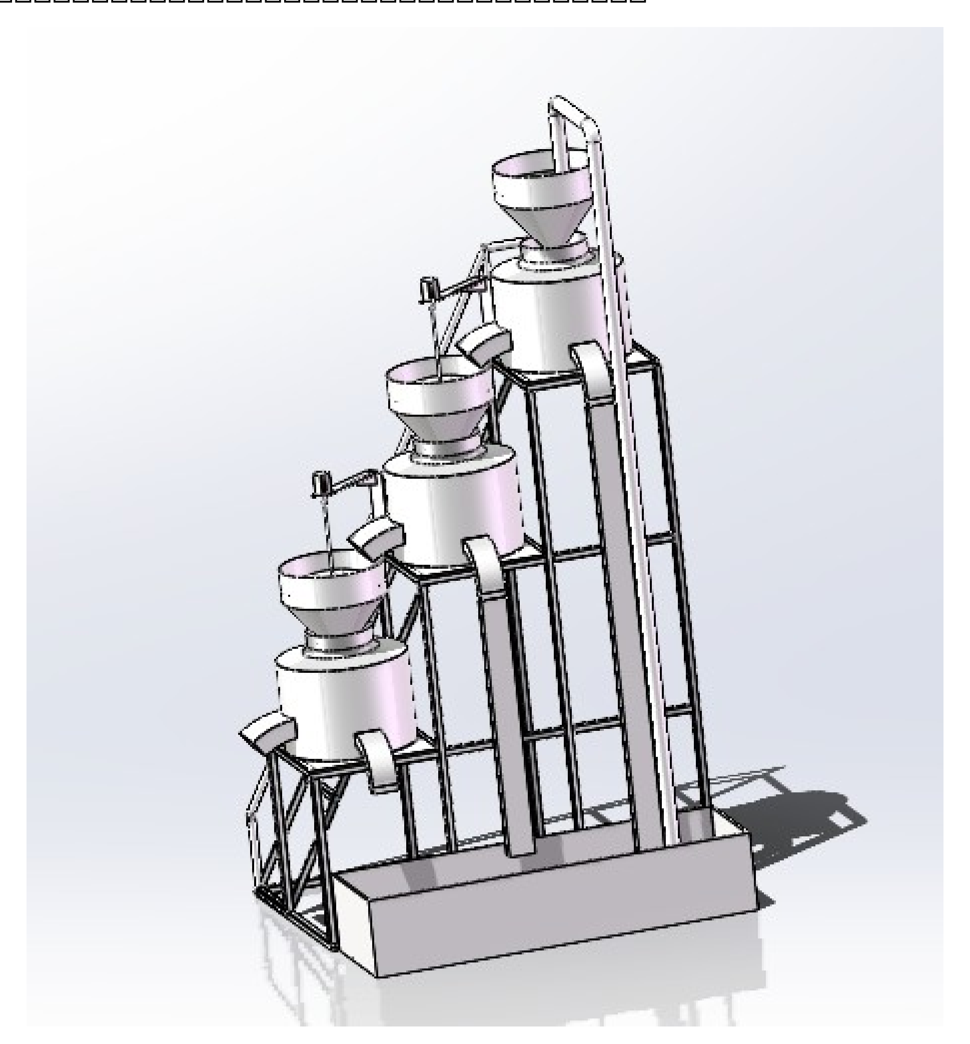


图 4.3三连磨浆机漏斗和磨浆棒

4.3 压制成型机设计

压制成型机主要由气缸、曲柄连杆机构、工作台组成。气缸由气缸筒、活塞、活塞杆和密封件构成。曲柄连杆机构包含曲轴
和连杆，将气缸的往复运动转化为工作台的上下运动。工作台由压头和夹具组成，压头用于施加压力，夹具固定被压物体。下降过程中，气缸推动活塞使活塞杆伸出，压头下降与被压物体接触并逐渐增加压力。压紧过程保持设定压力，对被压物体进行加工。回弹过程气缸使活塞杆缩回，压头抬起，解除压力，恢复初始位置。气缸型号为 SC150*700，推力 1767N，能提供足够压力。曲轴直径 50mm，长度 300mm，保证运动转换稳定可靠。3D 打印可以优化气缸密封结构，打印出贴合紧密的密封件，减少气体泄漏，提高压力传递效率，提升压制成型机的工作性能。

压制成型机的工作过程主要分为下降过程、压紧过程和回弹过程。压头下降至与被压物体接触并施加压力的过程，这一过程
中压力逐渐增大，直至达到设定压力。保特设定压力并进行加工的过程，这一过程中保持压力稳定，并通过设定的加工时间实现对被压物体的加工。压头抬起，即从被压物体上解除压力的过程，恢复到开始的位置。

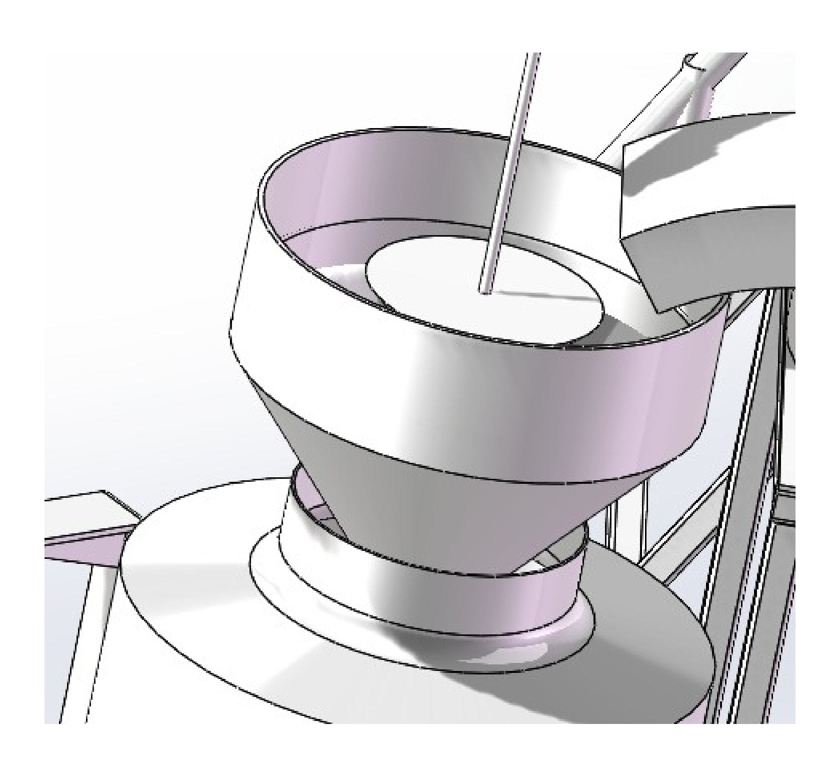


图4.4压制成型机

4.4 泼脑机设计

泼脑分层机中，滚珠丝杠位于中心位置，螺母与滚珠丝杠配合实现运动转换。导轨安装在滚珠丝杠两侧，起支撑和导向作
用。支撑结构稳固支撑各部件，步进电机为整个机构提供动力。步进电机接收信号转动，带动滚珠丝杠旋转，螺母在滚珠丝杠的作用下沿导轨做直线运动，从而实现物料的分层操作，如将点浆完成的豆浆均匀分层。滚珠丝杠规格为直径 20mm，导程 5mm，精度 C5，保证运动精度。步进电机扭矩 2N・m，能稳定驱动设备工作。3D 打印可制造高精度的滚珠丝杠螺母副，减少运动间隙，提升分层精度，满足豆干生产对物料分层的高要求。

图4.5泼脑机

4.5 切块机机构设计

切块机由机架、切割装置、输送装置组成。机架采用不锈钢方管焊接，提供稳定支撑。切割装置包含切割刀具和传动机构，
输送装置采用电机带动传送带，将待切物料输送到切割位置。电机带动传送带以 0.5m/s 的速度输送豆干，切割刀具在传动机构驱动下，与豆干接触并施加压力进行切割，通过控制刀具运动频率和传送带速度实现精准切块。切割刀具采用高速钢，硬度 HRC60 - 65，长度 150mm，厚度 5mm。传送带速度 0.5m/s，兼顾效率与精度。3D 打印能定制特殊形状的切割刀具，如锯齿形、波浪形等，满足多样化的豆干切块需求，提升产品竞争力。

控制系统设计：采用PLC控制，按下SBI按钮，继电器K21 线圈得电并自锁，电磁铁AD2得电，液压缸 4启动→按下SB2按钮，继电器kZ2线圈得电并自锁，电磁铁AD4得电，液压缸5启动→先按下SB3按钮，再按下 SB4按钮，继电器K23线圈得电并自锁，电磁铁AD1、AD3得电，液压缸4、5活塞杆返回→按下SB3按钮，继电器K23线圈失电，其常开触点动作断开，电磁铁AD1、AD3失电。在初始状态下，先按SB2按钮将不能控制液压缸5运行。

15

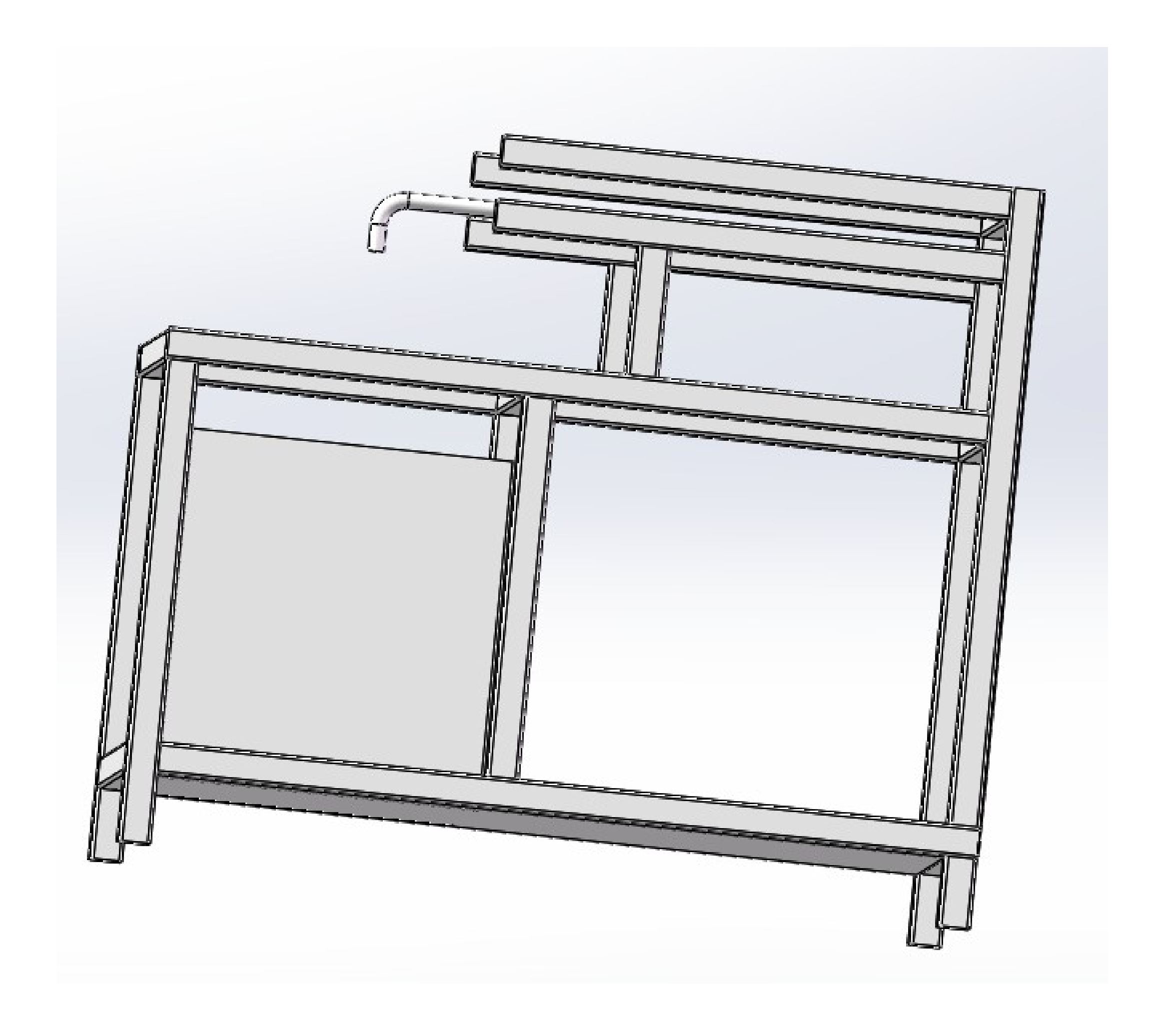


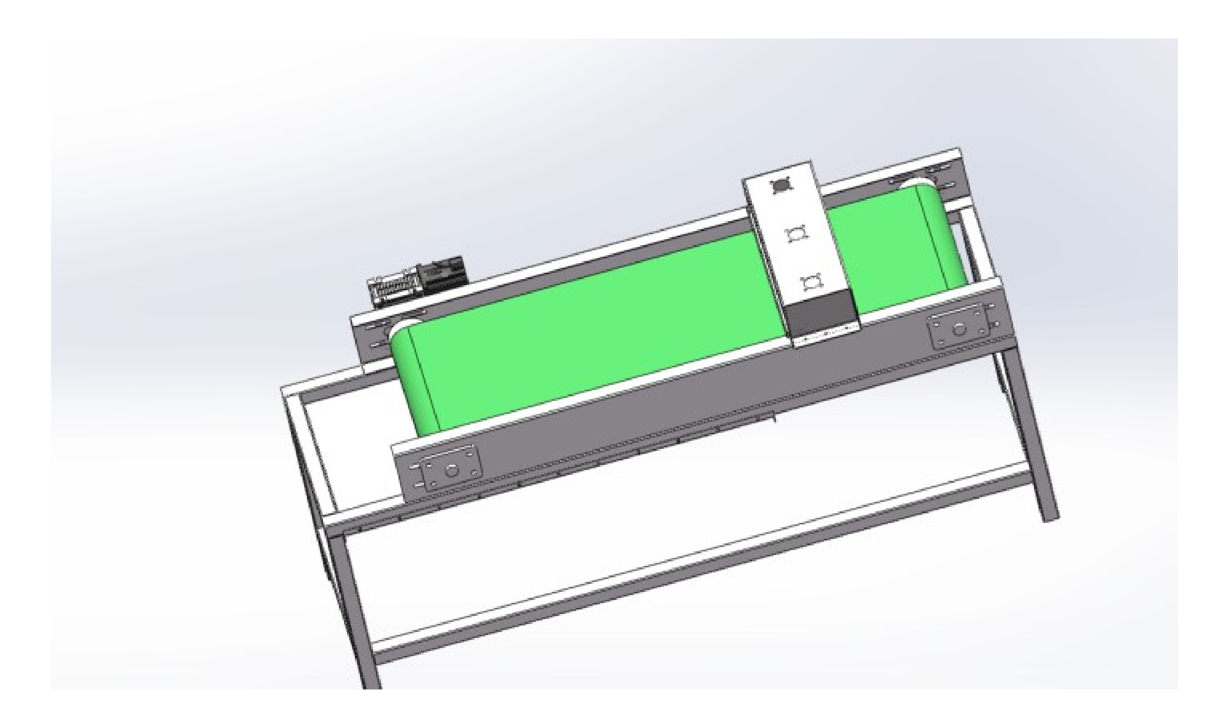
图4.6切块机

图 4.7切块机控制图

4.6 烘干机设计

机构设计：烘干机由深沟球轴承、动力滚筒、支撑座、风机、链轮、筛网、电机组成。电机通过链轮带动动力滚筒转动，风
机提供热空气，筛网放置豆干，深沟球轴承减少摩擦，支撑座保证结构稳定

[9]。电机启动后，动力滚筒带动筛网转动，豆干运动，风机吹出
的热空气在烘干室内循环，与豆干充分接触，使豆干均匀受热，水分蒸发实现烘干。风机风量 3000m³/h，电机功率 1.5kW，筛网目数 20 目，保证烘干效果和效率。3D 打印可优化烘干风道结构，使热空气分布更均匀，提高烘干效率与均匀性，减少烘干时间和能源消耗。



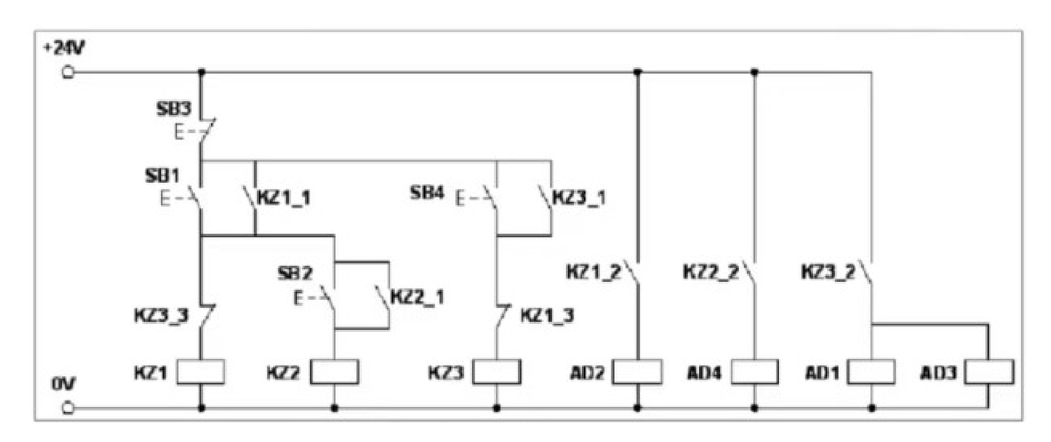


图4.8烘干机

4.7 本章小节

本章进行了一体化豆干机整体设计，分别分析整体设计思路以及各个部分所需要的设计方案，通过考虑一体化豆干机要实现的功能，
设计了一体化豆干机的各个系统结构。一体化豆干机由六大关键模块组成，分别是磨浆模块、压制成型模块、泼脑模块、切块模块、烘干模块，分别对六大模块进行机构设计来实现各自的功能，组合构成一体化豆干机。

5 一体化豆干机建模设计

5.1 建模软件

在研发用于一体化豆干机系统时，Soildworks这一三维建模软件扮演了核心角色。借助 Soildworks这款软件，我们能够开展机械构造的三维构建及组装工作。起初，借助Soildworks软件的参数化建模工具，我们调整和优化了各个零件的尺寸和位置，以便更好地应对各种实际应用场景的需求。

通过功能的组装与配置，逐个组装各个零件，以保证机械整体的坚固和可靠。在设计一体化豆干机时，需全面考虑各组件的装配法、
连接法及运动法等关键因素，确保整个装置能协调运作。

Soildworks软件支持文档的输出功能，并能够与其他应用程序进行数据互通。可以将软件内构建的三维模型转换成广泛接受的CAD文件格式，比如STEP、IGES等，可以方便地进行与其他软件的数据互通和团队协作设计。以烘干机为例

5.2 三连磨浆机建模

先创建三连磨浆机的底座，如图 5.1，使用SolidWorks的草图绘制工具，绘制各个零件的二维草图，然后通过拉伸、旋
转、扫描等特征操作，将二维草图转化为三维实体零件。

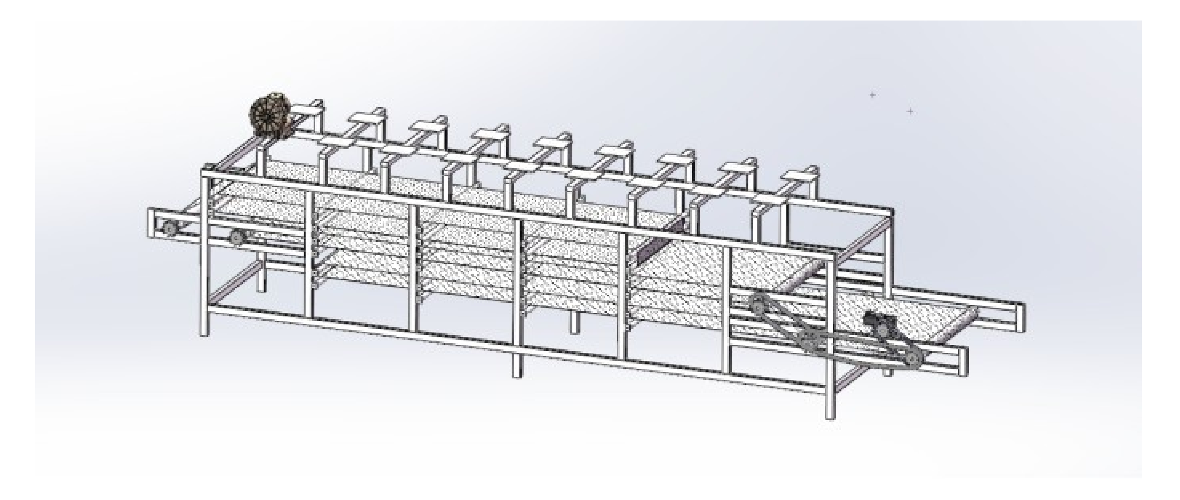


图 5.1三连磨浆机底座

使用SolidWorks的草图绘制工具，绘制磨盘的二维草图，然后通过旋转特征生成磨盘实体。使用SolidWorks绘
制电机和传动系统，确保电机能够驱动磨盘以合适的转速旋转。

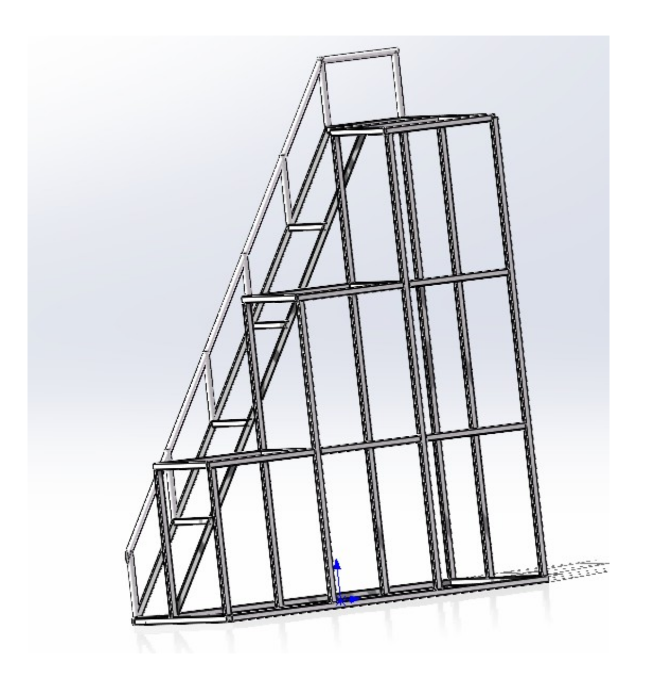


图 5.2三连磨浆机传动磨浆部件
将各个零件按照实际的装配关系进行组装，添加配合关系（如重合、同心、平行等）来确定零件之间的相对位置和运动关系。确保各
部件之间的配合精度和运动顺畅性，避免干涉现象的发生。

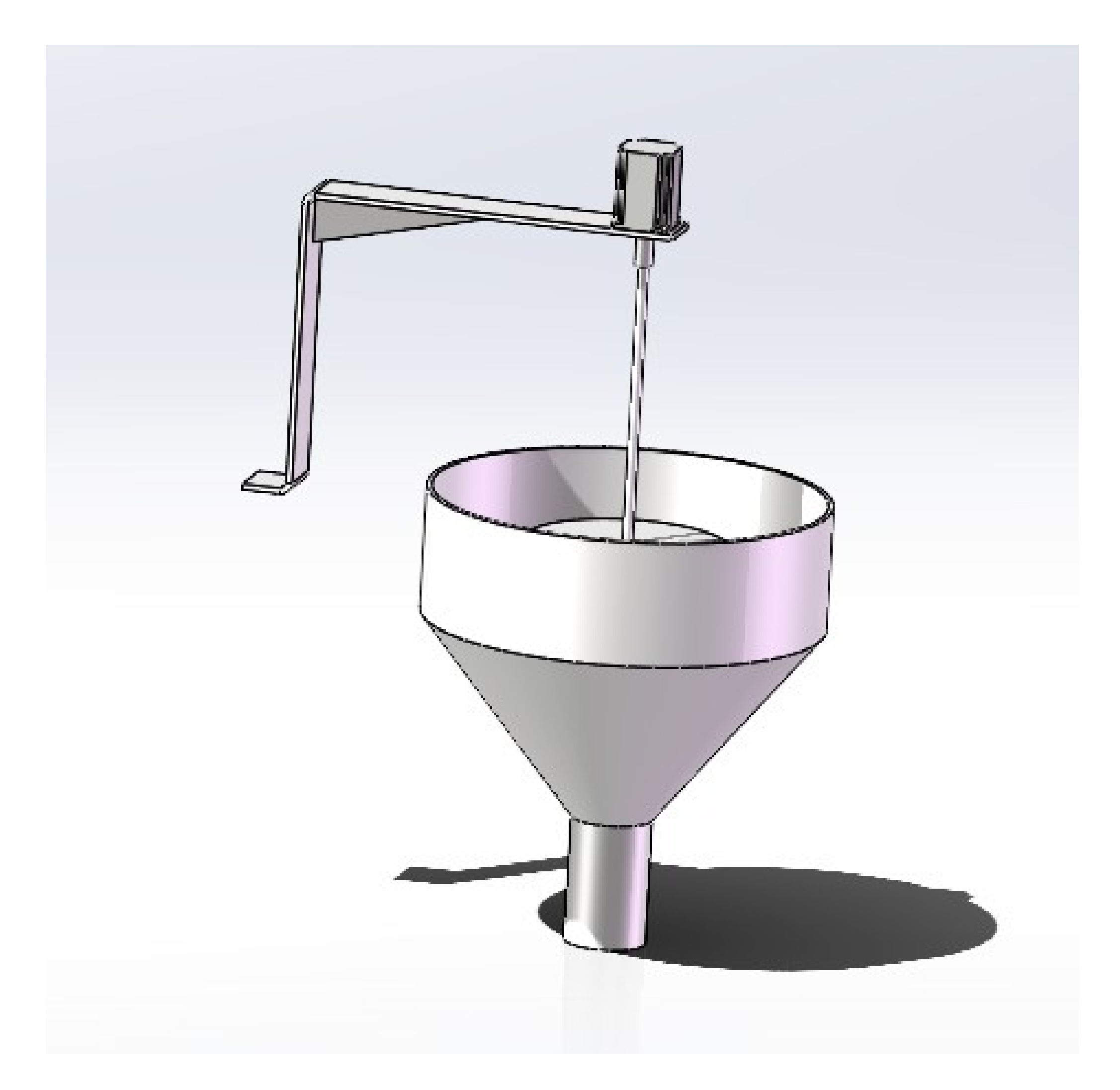
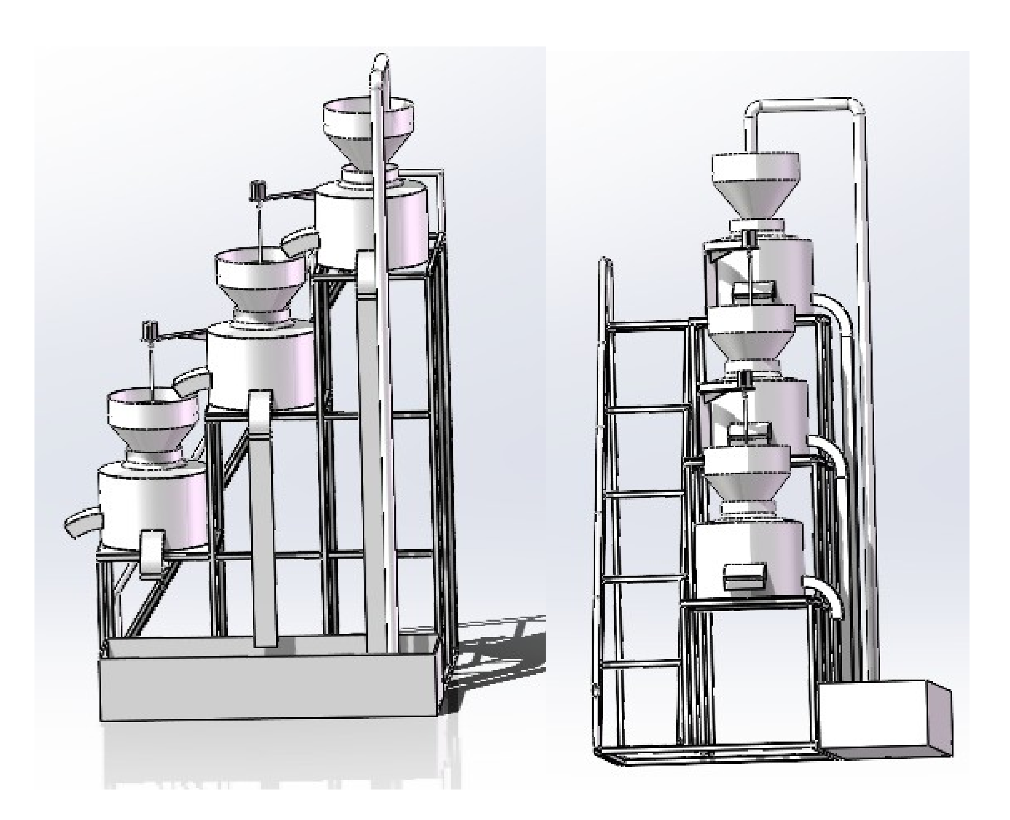


图 5.3三连磨浆机三维模型
从装配体生产工程图，根据豆干切块机的三维模型创建各个方向的视图（主视图、俯视图、侧视图等），清晰地展示设备的整体形状
和各部件之间的位置关系。



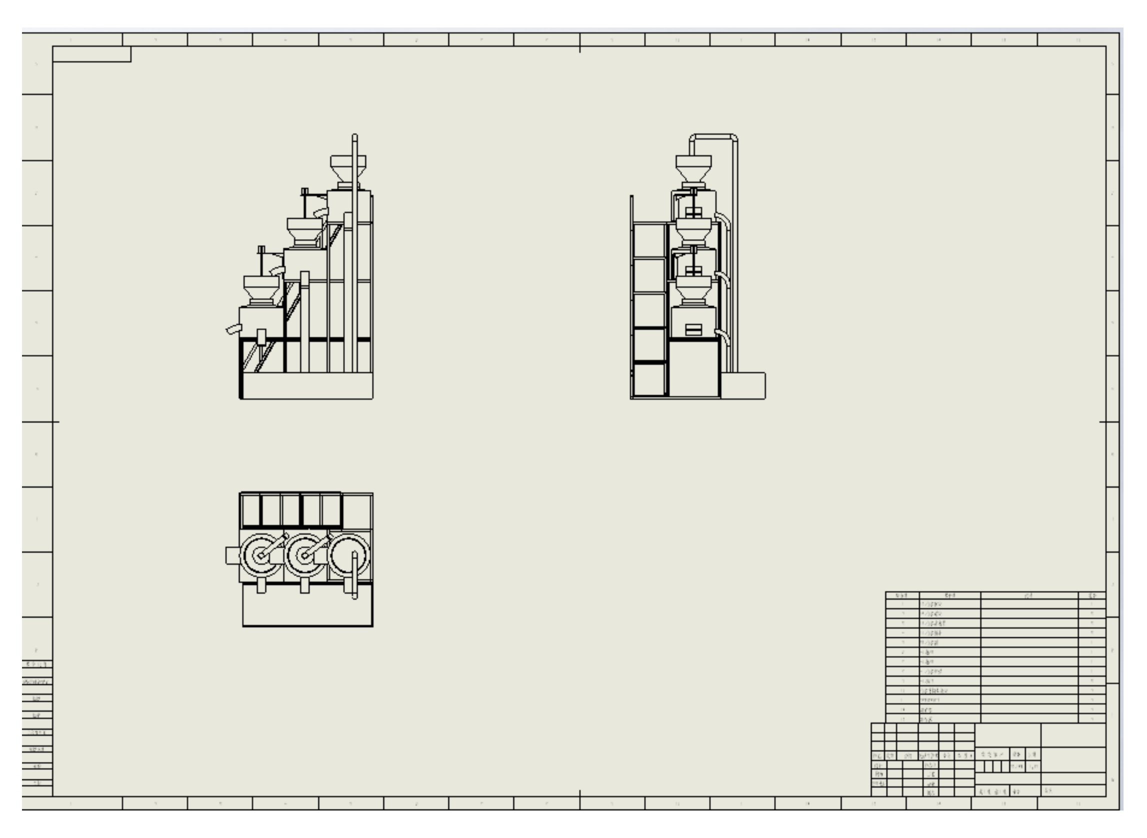


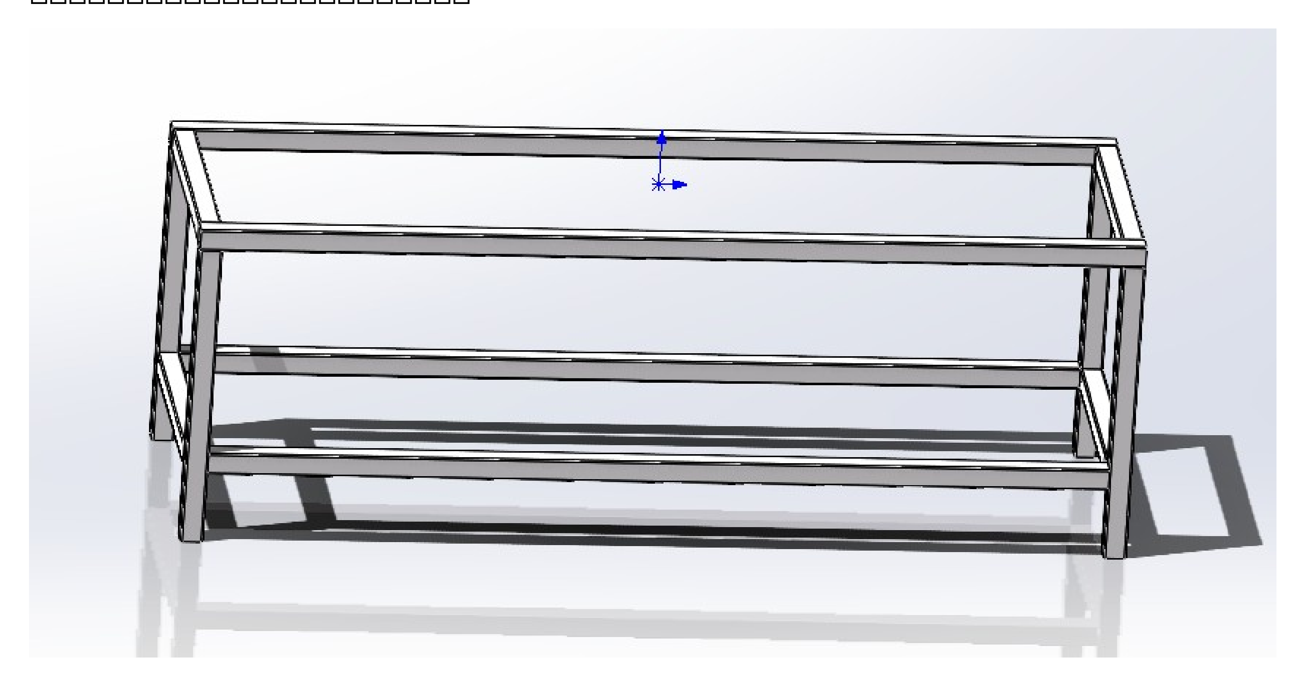
图 5.4三连磨浆机工程图

5.3 切块机建模

先创建切块机的底座，如图 5.1，使用SolidWorks的草图绘制工具，绘制各个零件的二维草图，然后通过拉伸、旋转、
扫描等特征操作，将二维草图转化为三维实体零件。

图5.1切块机底座
使用草图绘制工具绘制刀具的截面形状，通过拉伸特征生成刀具实体三维模型，根据切割需求确定刀具的长度和厚度。对刀具边缘进
行倒角处理，防止切割时损坏豆干。

图 5.2切块机切割部件
通过电机驱动皮带、链条或齿轮传动来带动切割动作，绘制输送带的横截面草图，包括带体的厚度和宽度。使用扫描特征生成输送带
的三维模型，设置合适的长度。添加输送带的驱动滚筒和从动滚筒，确定其直径和长度，并通过旋转特征创建实体。



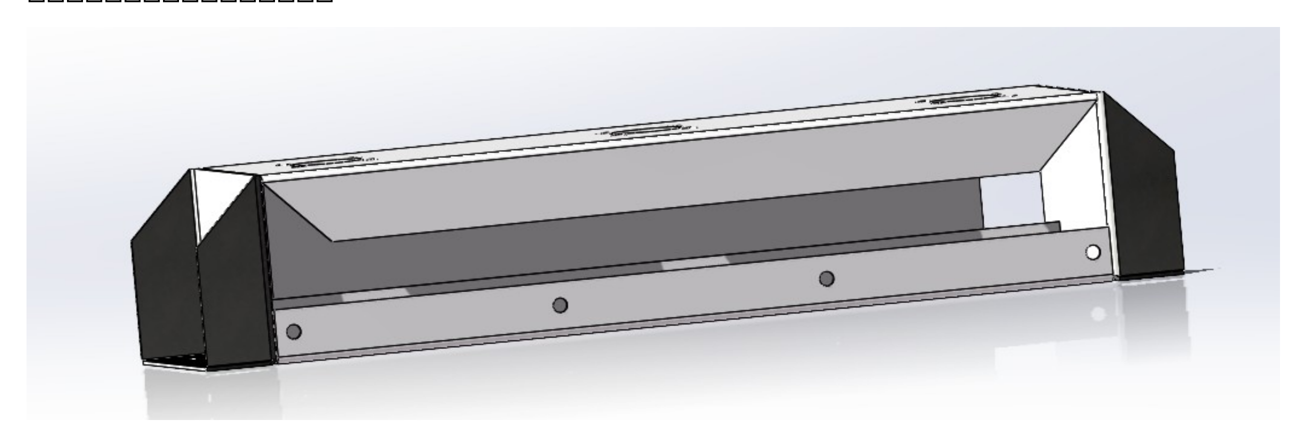
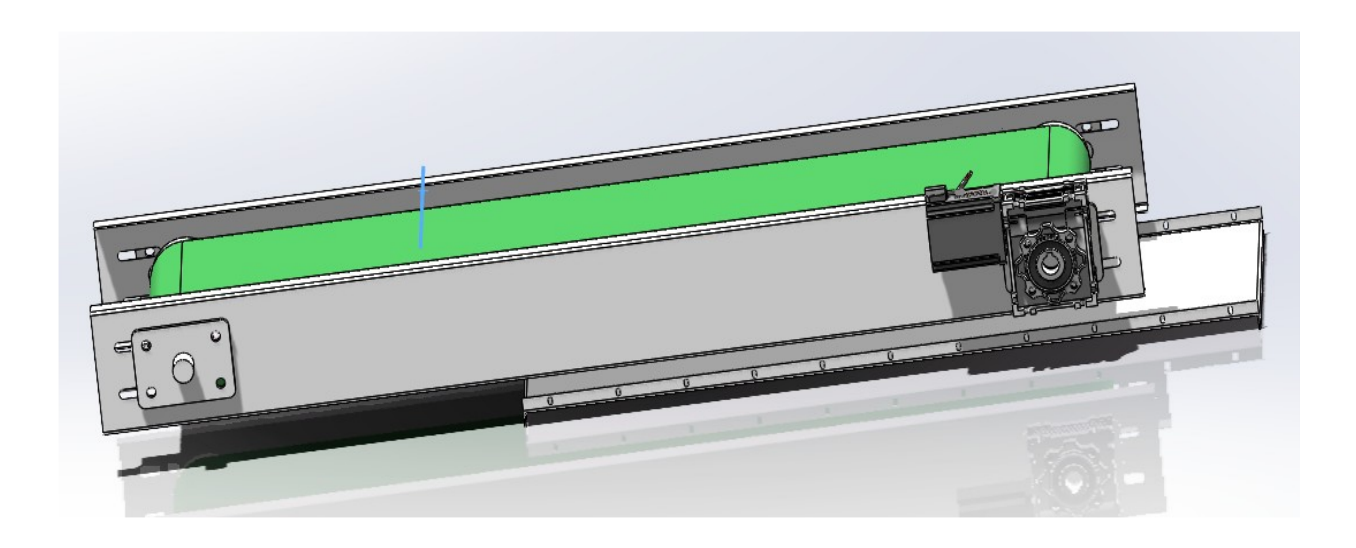


图 5.3切块机传动部件
将创建好的各个零件模型导入到装配体中。利用 SW的装配约束功能，如重合、同心、平行等约束关系，将零件准确地装配在一
起。

图 5.4切块机三维模型
从装配体生产工程图，根据豆干切块机的三维模型创建各个方向的视图（主视图、俯视图、侧视图等），清晰地展示设备的整体形状
和各部件之间的位置关系。



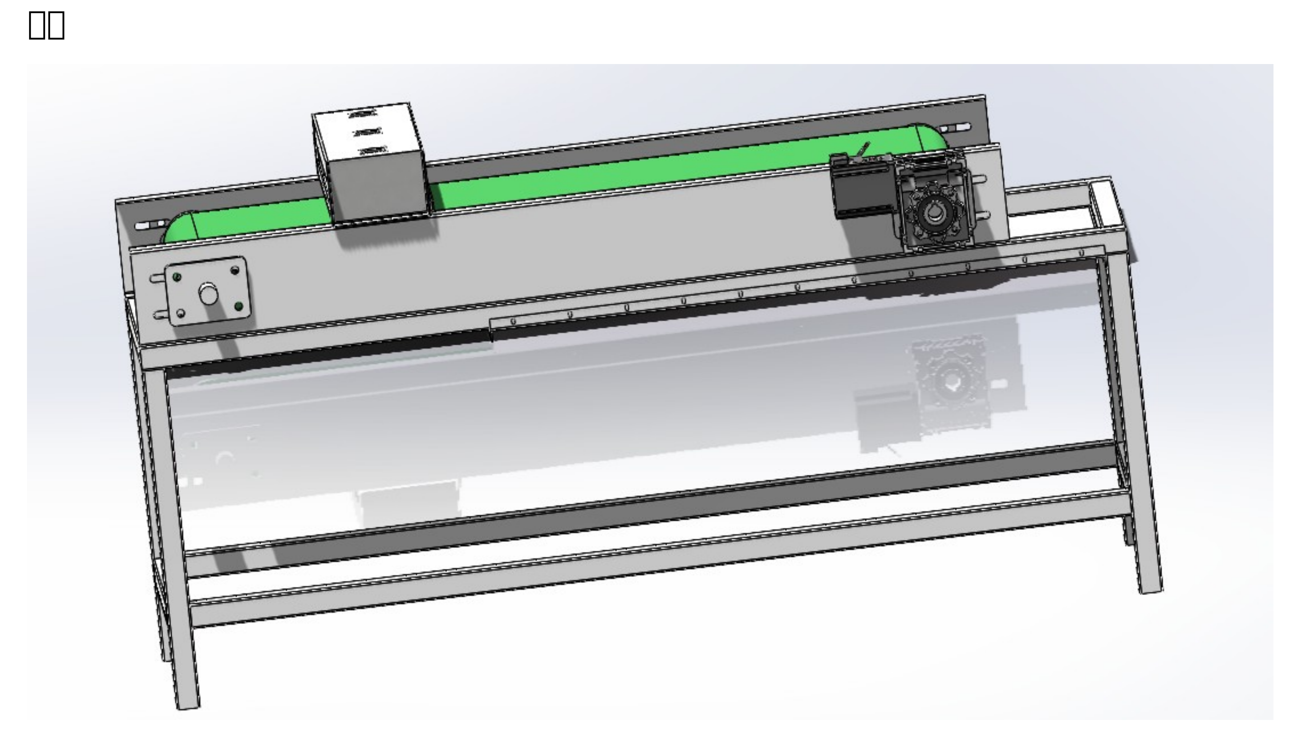


图 5.4切块机工程图

5.3 烘干机建模

先创建烘干机的底座，如图5.5所示，通过草图绘制及拉伸、切除，创建了烘干机的底座，这一步是搭建后续模型的大前提，它明
确了烘干机各个部件的布局安排。

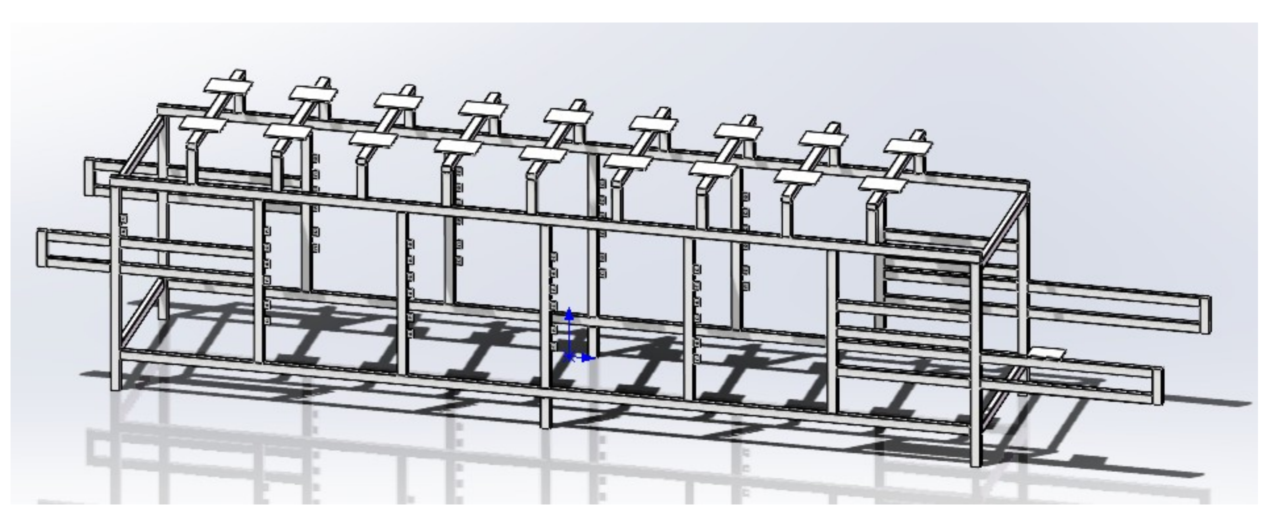
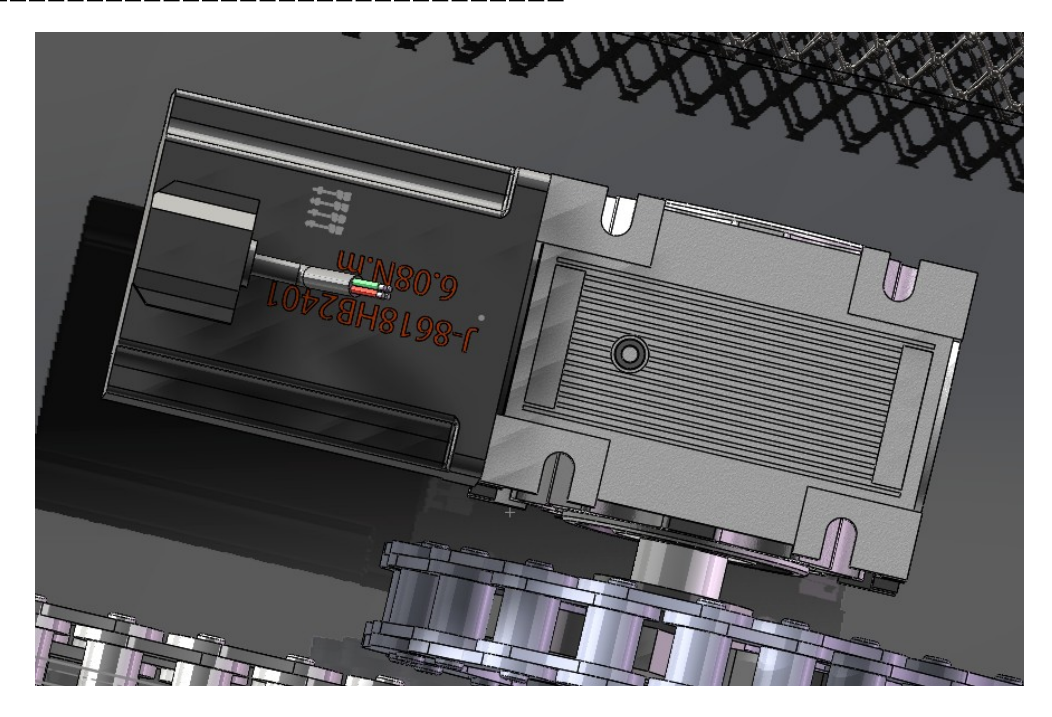


图5.5烘干机底座
电机模块是一体化豆干机运行的基础，如图5.6所示。电机不仅将电能转换为机械能，还能在机器系统中实现能量的有效传递和分
配。通过建模将其放入输出轴上，提供动力驱动确保传送带运作不间断。

图 5.6烘干机电机模块
烘干机的传动模块是齿轮链条，其通过电机牵引齿轮链条使烘干机传送带运行，通过拉伸切除和零件阵列建模如图5.3所示。

图 5.7烘干机传动模块
拼装各模块组件完成烘干机装配体的组装。通过齿轮链条配合，完成传动运行机构，通过齿轮配合使传送带随着电机运行进行运转，安装风机完成总体建模如图5.4所示。



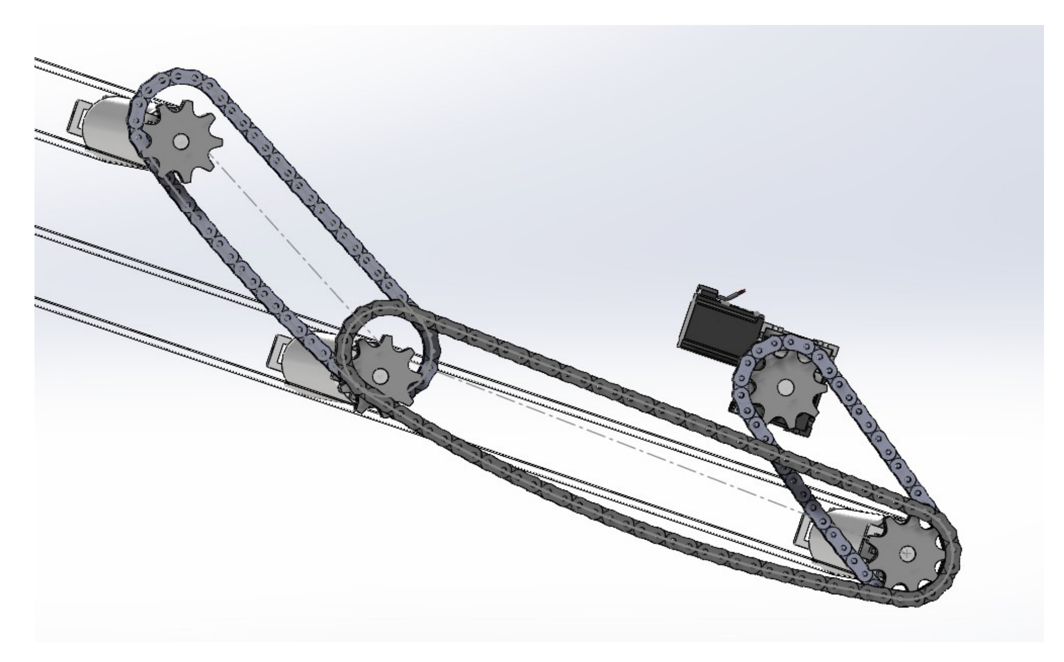


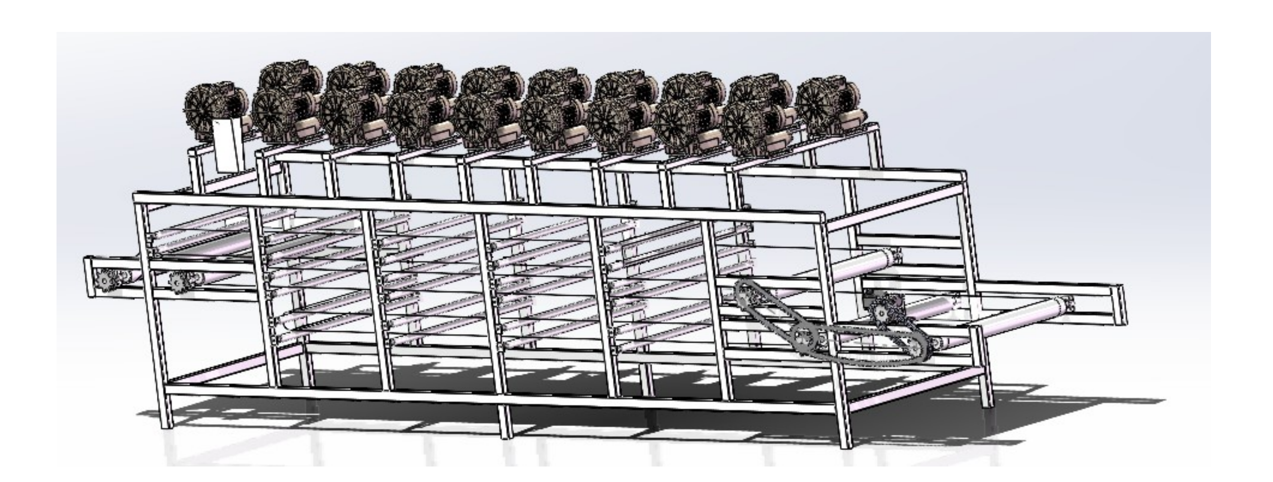
图 5.8烘干机本体建模

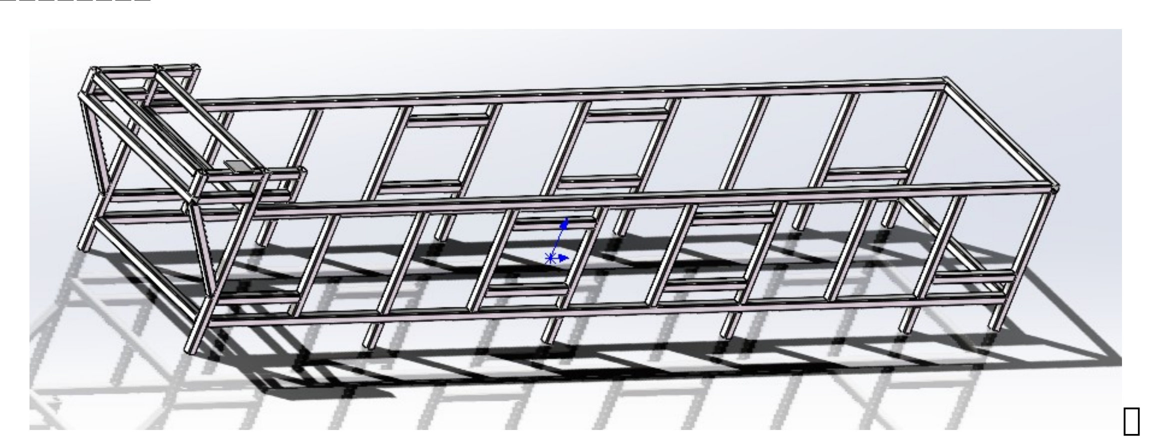
5.4 串碱机建模

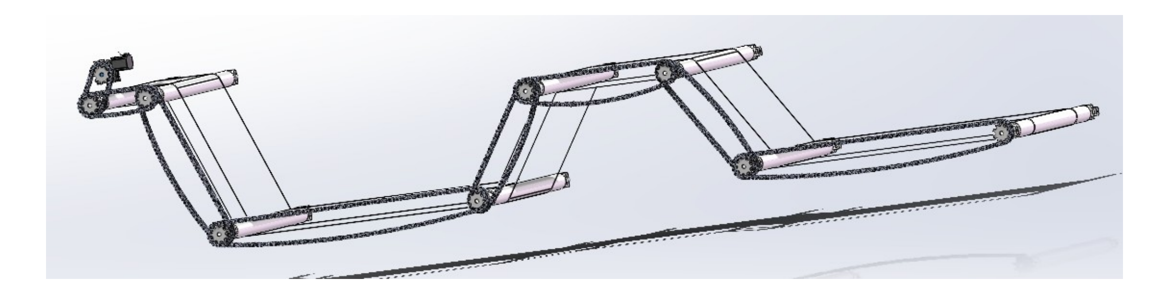
先创建串碱机的机架，如图5.9所示，使用SW的草图绘制工具，绘制机架的二维草图，利用拉伸、切除等特征命令，将二维
草图转化为三维模型。

图
5.9串碱机机架
物料输送装置建模，绘制滚筒的草图并通过旋转特征生成滚筒实体，同时创建滚筒的支撑结构等零部件模型。采用电机减速机转动带
动输出轴上的链轮旋转，进一步带动链轮上的链条运动，齿轮链条和轴运动使传送带运动传送豆干。

图 5.10物料输送装置
利用SW的装配体功能，将各个零部件按照实际的安装位置和配合关系进行组装。定义零件之间的配合方式，如重合、同心、平







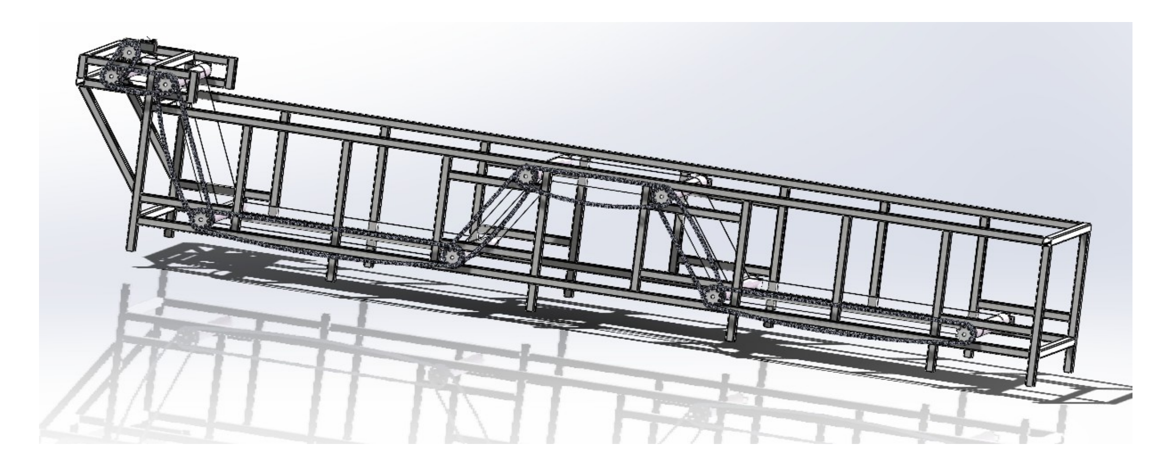
行等，确保各部件能正确运动和协同工作。

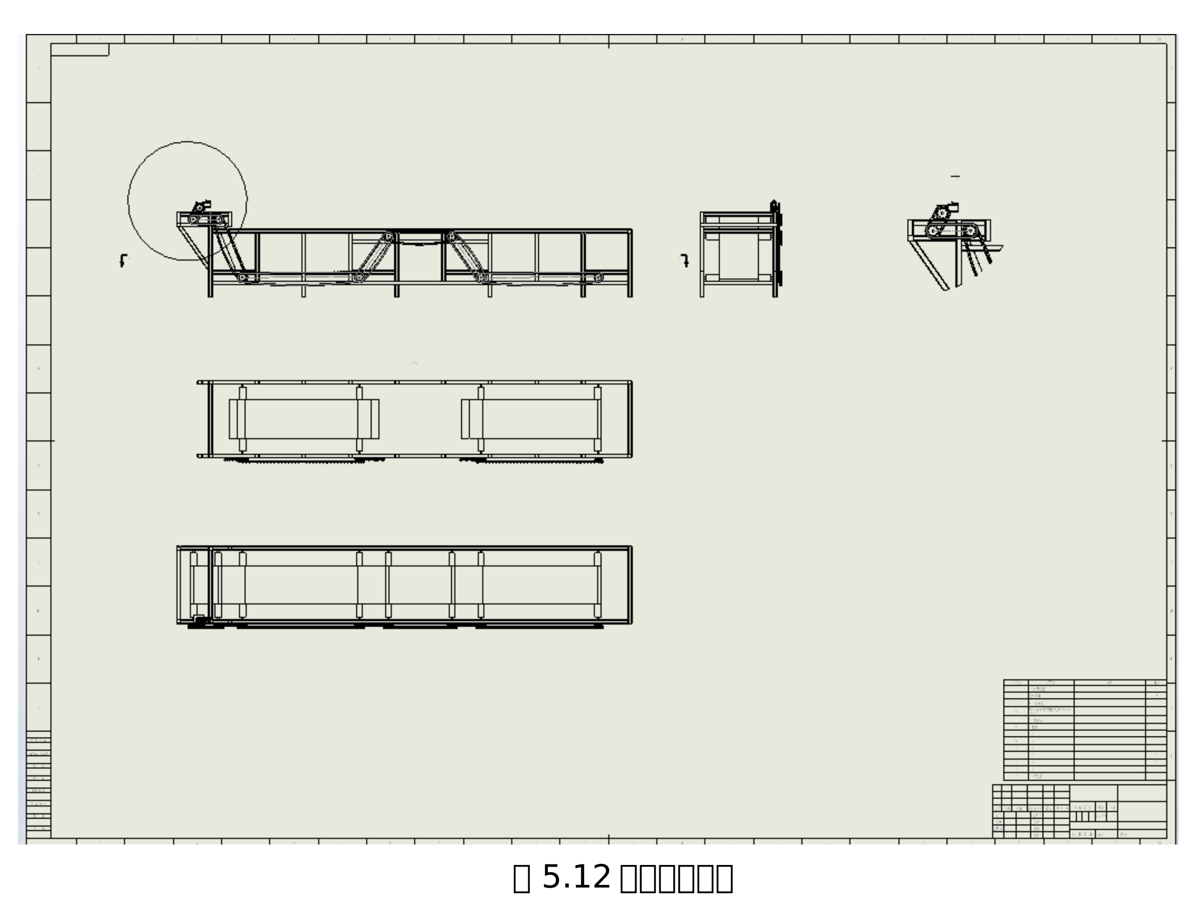
图 5.11串碱机本体建模

工程图建立：创建装配体的主视图、俯视图、左视图等，清晰展示串碱机的整体结构。添加局部放大视图，突出关键部件的细节。

图 5.12串碱机工程图

5.5 本章小结





本章通过使用solidworks软件，绘制草图，进行对各部位零件的建模，使用拉伸，切除等方式完成各模块的建模。再通过
配合完成各个机器的建立，最后建立各个机器工程图。

6 一体化豆干机工作原理及创新

6.1 一体化豆干机原理

一体化豆干机将豆干制作的多个工序整合在一起，实现连续化、自动化生产，其包含上述环节的工作原理如下：

三连磨浆机工作原理：三连磨浆机是由三个磨浆室依次串联组成。先是粗磨大豆经过浸泡后进入第一个磨浆室，磨盘之间的间隙相对
较大，主要作用是将大豆初步研磨，把大豆颗粒分解成较大的碎块，并挤出一部分豆浆，同时分离出部分豆渣。其次是中磨经过粗磨的物料进入第二个磨浆室，此时磨盘与磨浆室间隙变小，对物料进行进一步研磨细化，将碎块磨得更细小，进一步挤出豆浆，使豆渣更加细腻，豆浆与豆渣的分离更加充分。最后是细磨物料进入第三个磨浆室，这里磨盘和磨浆室间隙更小，对物料进行精细研磨，尽可能地将剩余的豆渣细化，把豆浆最大限度地从豆渣中提取出来，得到更加细腻、均匀且浓度较高的豆浆。

泼脑机工作原理：首先豆干分层气缸升到最高，定型气缸在关闭状态然后按启动泼脑泵运行，给泼脑料仓供料，供料多少用
时间控制，时间可设，供料完成后，泼脑气缸开始送料，遇到感应开关后泼脑阀门打开泼脑，供料气缸到位后感应到泼料到位开关，往回走，感应到泼脑开关后，泼脑阀门关闭。气缸自动回位。泼脑泵继续供料。人工把包袱包好，按下定型气缸，定型气缸回位。再按下分层气缸下降一定位置，人工放隔板，包袱，然后按供料气缸开始供料循环动作。

压制成型机工作原理：压力施加，装有豆花的包布或模具进入压制成型机后，机器通过气缸的往复对其施加压力。成型过程，豆花在
持续的压力作用下，豆花中的水分不断被挤出，通过包布或模具上的孔隙排出，逐渐形成具有一定形状、质地紧密且有弹性的豆干坯体。

切块机工作原理：切块设定，成型的豆干坯体被输送到切块机上，根据所需豆干的大小、形状在切块机上设置好切割参数，如切割长
度、宽度、厚度等。切块机通常采用锋利的刀片或切割装置，按照预设的参数对豆干坯体进行切割。切割方式可以是垂直切割、水平切割，满足不同形状和规格豆干的生产需求。

烘干机工作原理：切块后的豆干进入烘干机内，烘干机通过高速风机形成循环流动，热风和豆干充分接触，对传送带上的豆干进行风
干。传送带采用三级传送，依次进行传送，充分使风机接触豆干进而更好的进行风干。

串碱机工作原理：串碱机有盛装碱液的容器和循环装置。豆干被放入串碱机内，碱液通过循环泵不断喷淋在豆干表面，使豆干与碱液
充分接触。碱液与豆干中的成分发生一定的化学反应，能够改善豆干的色泽，使其外观更加鲜亮；同时还可以调节豆干的酸碱度，进一步提升口感，并且在一定程度上有助于延长豆干的保质期。

6.2 一体化豆干机创新点

生产加工一体化：市面上大部分都是单独系统或几个系统组成的机器只能实现单功能或几个功能并不是从原料到成品多功能一体化的机器；泼脑系统和煮浆系统所需的原料采用气动隔膜泵进行原料的供给；泼脑系统采用plc控制定时来达到一定量的供给，市面上大部分采用漏斗进行泼脑容易造成堵塞等问题；压制系统升降机采用plc程序控制步进电机转速，步进电机进而带动滚珠丝杠进行等距高度升降；翻转烘干系统采用三级传送筛网依次进行传动来达到豆干翻转进行均匀风干；震动除水系统采用震动过筛除去其水分；机器采用模块化设计，方便拆卸和清洁，同时也便于根据不同的生产需求进行快速调整和组合；通过安装传感器和采用物联网技术，实时监控生产过程中的关键参数，如温度、湿度等，并通过数据分析优化生产过程；自动连续煮浆装置等技术的应用，使得豆干的生产更加连续化，提高了生产效率和产品一致性。新型豆干机在设计时更加注重节能环保，采用高效能的加热和烘干系统，减少能源消耗，降低生产成本。

6.3 本章小结

本章通过对一体化豆干机分类进行分析，为一体化豆干机提供了科学依据。阐述了一体化豆干机的原理，并对一体化豆干机进行创新
型设计，根据实际情况对一体化豆干机进行优化和调整。

结 论

在设计过程中，3D打印技术发挥了关键作用。其高度的设计灵活性使一体化豆干机的结构突破传统制造的限制，复杂的内部管道
布局、紧凑的整体结构得以实现，极大提升了设备的空间利用率和功能集成度。通过 3D打印快速成型的特性，能够迅速将设计概念转化为实物模型，便于及时进行功能测试和设计优化，有效缩短了研发周期，降低了试错成本。一体化豆干机整合了磨浆、煮浆、成型、切块、烘干等关键工序，实现了从原料到豆干生产的高效一体化作业。设备在保证生产效率的同时，借助 3D 打印零部件的高精度，提升了产品质量的稳定性。3D打印制造的零部件具有高精度和良好的表面质量，能够紧密配合，确保了设备运行的稳定性和可靠性，有效提升了豆干的生产质量与效率。不过，设计过程中也遇到了一些挑战。3D 打印材料的选择范围相对有限，部分材料在长时间承受高温、高湿的豆干生产环境时，出现了性能下降的情况，影响了设备的使用寿命。此外，3D 打印设备的打印速度和成本在一定程度上限制了大规模生产的效率与经济性。随着技术的不断进步和成本的逐步降低，3D打印技术将在机械制造领域发挥更重要的作用，为行业的转型升级和可持续发展贡献力量

[18]。这将进一步推动基于 3D 打印技术的一体化豆干机的优化与升级，为豆制品加工行业带来更高效、更智能的生产设备。

参考文献

[1] 张家寓.3D打印技术原理及发展应用[J].软件,2019,40(9):172-175.
[2] 沈玉玲.3D打印技术在机械制造自动化中的价值及其应 用[J].造纸装备及材料，2023，52（12）：91~93.
[3] 凃岐旭.3D打印技术在机械制造中的应用分析[J].模具制造,2024,24(12):134-136.DOI:10.13596/j.cnki.44-1542/th.2024.12.044.
[4] 王寅珏.3D打印技术在高职教学中的应用研究[J].科技风，2023，（33）：129~131.
[5] 孙海涛.白车身金属3D打印钢板与普通低碳钢异质材料点焊 可焊性分析[J].电焊机，2024，54（6）：99-105.
[6] 颜欢欢.“4.5+0.5”人才培养模式下质检岗位核心课程资源整合与探究[J].卫生职业教育，2021，39（17）：48-50.
[7] 张涛.基于3D打印技术的机械零部件设计与优化[J].南方农机,2025,56(5):183-185-189.
[8] 张可欣.3D打印技术，赋能智造未来[J].中关村,2022,(02):56-57.
[9] 薛佳昊.模块化设计在机械产品开发中的应用与案例分析[J].工程建设(维泽科技),2025,8(1):60-62.
[10] 胡黎明.机电制造系统集成中的自动化控制技术研究[J].中文科技期刊数据库（文摘版）工程技术,2025(1):183-186.
[11] 3D打印技术优势明显[J].现代制造,2019,0(17):42-42.
[12] 孙鲁晗.3D打印技术在复杂零部件制造中的应用[J].现代制造技术与装备,2024,60(5):30-32.

29

[13] 张红，李华.豆制品加工机械的原理与维护 [M]. 化学工业出版社，2022：80-90.
[14] 豆干机市场调研小组.高效一体化豆干机的市场调研报告 [R]. 食品机械研究所，2023：20-30.
[15] 刘业勤,张晓莲,邱双.3D打印技术的国内外现状及其发展趋势[J].内燃机与配件,2017(12):121-122.
[16] 赵婧.3D 打印技术在汽车设计中的应用研究与前景展望[D].太原理工大学，2014 .
[17] Hod Lipson, Melba Kurman. Fabricated: The New World of 3D Printing[M].USA: John Wiley & Sons Inc, 2013:52-54.
[18] 张良刚.3D打印技术在机械制造中的应用与挑战[J].上海轻工业,2025(2):148-151.
[19] 刘业勤,张晓莲,邱双.3D打印技术的国内外现状及其发展趋势[J].内燃机与配件,2017,(12):121-122.DOI:10.19475/j.cnki.issn1674-957x.2017.12.069.
[20] 食品工业科技杂志社.一体化豆干机在大规模豆制品生产中的应用 [J]. 食品工业科技，2023, 4 (5): 67-73.

30